



André Gonçalo
Perdigão Alves

**Os sistemas de informação para a
valorização das infraestruturas de
água: proposta de modelo.**

Relatório do projeto para obtenção do grau de
mestre em Gestão de Sistemas de Informação

ORIENTADOR

(Professora Doutora, Ana Mendes)

Data (25 de julho de 2021)

André Gonçalo
Perdigão Alves

**Os sistemas de informação para a
valorização das infraestruturas de
água: proposta de modelo.**

JÚRI

Presidente: (Grau, Nome, Instituição)

Orientador: (Grau, Nome, Instituição)

Vogal: (Grau, Nome, Instituição)

Vogal: (Grau, Nome, Instituição)

Data (25 de julho de 2021)

Agradecimentos

Inicialmente quero agradecer à minha família, aos meus pais, à minha irmã, aos meus primos e ao resto da família, em memória da minha avó e avô, do meu tio pelas forças que me deram para percorrer este caminho difícil, de forma a alcançar os objetivos pessoais. A família é o nosso apoio nas alturas positivas ou negativas, acreditam sempre nas nossas escolhas e são eles que nos vão ajudar e estar connosco até ao fim independentemente da situação escolhida.

Em seguida, gostaria de agradecer à orientadora do trabalho de projeto, Professora Doutora Ana Mendes e ao Professor Doutor José Gaivéo pela ajuda disponibilizada na elaboração deste trabalho. Todas as revisões efetuadas e toda a bibliografia disponibilizada foram essenciais, de forma a que a ideologia e a essência prática, integre com a Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água atual, denominada de DECIdE.

À equipa do DECIdE especialmente aos colegas Bruno Ferreira e André Antunes por disponibilizarem um pouco do seu tempo a demonstrar como a plataforma funciona, explicar os conceitos inerentes ao mesmo e respondendo a algumas perguntas que sustentam a parte prática.

Ao professor Nelson Carriço pela oportunidade de integrar o projeto do DECIdE, através do desenvolvimento de uma proposta de subsistema de Índice de Valor Infraestrutural (IVI) e pelo entusiasmo demonstrado, facilitando a compreensão das expressões e certos pontos de vistas sobre a temática e plataforma DECIdE.

Aos meus amigos da licenciatura em Gestão de Sistemas de Informação, nomeadamente o Hugo Filipe, David Alves, Nancy Mendes, José Rodrigues, João Sousa, Gonçalo Simões, Pedro Cruz, André Santana e Evani Rodrigues. Aos meus amigos por em todos os momentos de maior dificuldade arranjam sempre tempo para me apoiar.

Ao professor Miguel Teixeira da Escola Secundária do Bocage, pelo tempo disponível a tentar ajudar a ultrapassar as minhas dificuldades e também quero agradecer à professora Ana Maria da Escola Primária por ser uma das melhores professoras e por acompanhar o meu crescimento. Gostaria ainda de agradecer aos meus colegas de mestrado, Marcelo Pereira, Anabela Marques e Marta Geléa por toda a motivação dada para a elaboração deste trabalho. Um especial agradecimento ao IPS, mais concretamente à divisão informática pela disponibilização dos equipamentos necessários no desenvolvimento e finalização do projeto.

Muito obrigado do fundo do coração a todos!

Resumo

A água é um recurso vital para a vida, e a sua gestão é uma questão fundamental, uma vez que tem um impacto direto na qualidade de vida das pessoas. Por consequência, é importante que a água apresente uma boa qualidade e que o seu acesso seja sustentável, garantindo a disponibilidade em áreas onde a água seja escassa e de difícil acesso. O abastecimento de água precisa de ser seguro, para que as empresas e a indústria funcionem num ambiente em que não exista riscos nos serviços e para com a saúde dos consumidores.

O objetivo dos sistemas municipais de fornecimento de água é transportar água potável de uma instalação de tratamento de água para os diferentes consumidores e também fornecer água para os diversos serviços especiais (limpeza de ruas, venda de água para outros serviços e finalidades). Para cumprir este objetivo da melhor forma os municípios necessitam de ter especial atenção ao desempenho infraestrutural, visto que este apresenta um grande impacto nas atividades e serviços de distribuição de água. Desta forma a temática do trabalho de projeto vai estar relacionada com a problemática da gestão e reabilitação infraestrutural, com base no Índice de Valor Infraestrutural (IVI).

No âmbito do projeto de investigação da Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água, designado de DECIdE, coordenado pelo IPS e em parceria com alguns municípios/Entidades Gestoras (EG), deu-se seguimento ao trabalho, entretanto finalizado, através do desenvolvimento de uma proposta de subsistema de IVI. Este subsistema de IVI tem como finalidade ajudar as EG na gestão do portfólio de investimentos, dos ativos e na análise dos dados infraestruturais, permitindo gerir e avaliar o desempenho das redes e dos ativos, bem como apoiar os módulos do DECIdE.

O trabalho desenvolvido teve como base a análise dos dados e documentos fornecidos pela equipa do DECIdE, a informação necessária disponibilizada pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) e análise dos dados fictícios de uma EG protótipo (desenvolvida para o efeito pela equipa DECIdE), de forma a identificar e recolher todos os dados necessários para o cálculo do IVI. O presente trabalho de projeto apresenta uma metodologia de investigação de natureza qualitativa, uma vez que se explora os assuntos com base em evidências e fornece informação sobre um problema ou ajuda a desenvolver diferentes pontos de vista (análises documentais, observação participante, reuniões).

Adicionalmente, foi utilizado outra abordagem no trabalho de projeto (*Design Thinking*) que permitiu desenvolver soluções adequadas ao contexto, tendo em conta, os dados, documentos e arquitetura analisada, de forma a apresentar o *mockup* do modelo de subsistema de IVI.

O subsistema de IVI interliga-se a outros módulos do DECIdE, de forma a melhorar a gestão

da rede e dos ativos, a qualidade e desempenho de serviço, como também fornece às EG diferentes formas de análise dos seus dados. Com a utilização desta solução as EG vão conseguir minimizar os custos dos investimentos nas infraestruturas e gerir os seus recursos.

Palavras-chave: *Design Thinking*; Gestão de ativos; Índice de Valor Infraestrutural (IVI); Portfólio de investimentos; Redes de distribuição; Sistemas de abastecimento de água (SAA).

Abstract

Water is a vital resource for life, and its management is a fundamental issue since it has a direct impact on people's quality of life. Consequently, it is important that water is of good quality and that its access is sustainable, ensuring availability in areas where water is scarce and difficult to access. Water supply needs to be safe for businesses and industry to operate in an environment where there are no risks in services and to consumer health.

The goal of municipal water supply systems is to transport drinking water from a water treatment facility to different consumers and to provide water for the various special services (street cleaning, sale of water for other services and purposes). To achieve this objective in the best way, municipalities need to pay special attention to infrastructure performance, since it has a great impact on water distribution activities and services. Thus, the theme of the project work will be related to the problem of infrastructure management and rehabilitation, based on the Infrastructure Value Index (IVI).

As part of the research project of the Decision Support Platform in Urban Water Infrastructures, called DECIdE, coordinated by IPS and in partnership with some municipalities/ Water Utilities (EG), the work was followed up, however, through the development of a proposal for an IVI subsystem. This IVI subsystem aims to assist GEs in managing the investment portfolio, assets and analysis of the infrastructure data, enabling the management and evaluation of network and asset performance, as well as supporting DECIdE modules.

The work was based on the analysis of the data and documents provided by the DECIdE team, the necessary information provided by the Water and Waste Services Regulator (ERSAR) and analysis of the fictitious data of a prototype EG (developed for this purpose by the DECIdE team), in order to identify and collect all the data necessary for the calculation of the IVI.

This project work presents a qualitative research methodology, since it explores issues based on evidence and provides information about a problem or helps to develop different points of view (documentary analyses, participant observation, meetings). Additionally, another approach was used in the design thinking that allowed the development of solutions appropriate to the context, taking into account the data, documents and architecture analyzed, in order to present the mockup of the IVI subsystem model. The IVI subsystem connects to other DECIdE modules to improve network and asset management, quality and service performance, as well as provide EGs with different ways of analyzing their data. With the use of this solution, the EGs will be able to minimize and manage the costs of investments in infrastructures.

Keywords: Design Thinking; Asset Management; Infrastructure Value Index (IVI); Investment Portfolio; Distribution Networks; Water Supply Systems (SAA).

Siglas e Acrónimos

API: *Application Program Interface*;

ASI: Arquitetura de Sistemas de Informação;

BD: Base de Dados;

BE: Balanço Energético;

BH: Balanço Hídrico;

CM: Câmara Municipal;

Cmp: Comprimento;

CRM: *Customer Relationship Management*;

DECIdE: Acrónimo utilizado para denominar o projeto de investigação Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água;

DMBOK: *Data Management Body of Knowledge*;

DN: Diâmetro Nominal;

EG: Entidades Gestoras;

ERSAR: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos;

FC: Fibrocimento;

GPI: Gestão Patrimonial de Infraestruturas;

IVI: Índice de Valor Infraestrutural;

PEAASAR: Planeamento Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais;

PEAD: Polietileno de Alta Densidade;

PVC: Policloreto de Vinilo;

QGIS: *Quantum Geographical Information System*;

SAA: Serviços de Abastecimento de Água;

SCADA: *Supervisory Control and Data Acquisition*;

SGBD: Sistemas de Gestão de Base de Dados;

SI: Sistemas de Informação;

SIG: Sistemas de Informação Geográfica;

UML: *Unified Modeling Language*;

ZMC: Zonas de Medição e de Controlo.

Glossário

Adução: transporte da água tratada para a zona de consumo;

Área de análise: área pertencente ao sistema, alvo de estudo ou avaliação do desempenho;

Armazenamento: armazenamento de água para assegurar a continuidade do abastecimento;

Avaliação do desempenho: diagnóstico, com recurso a indicadores de desempenho, do estado do sistema em estudo;

Balanço Energético (BE): ferramenta que permite aferir o desempenho energético dos sistemas de águas, conforme (Mamade et al. 2017, as cited in (Ferreira, Antunes, & Gomes, 2020));

Balanço Hídrico (BH): ferramenta que permite aferir o desempenho dos sistemas ao nível das perdas de água, conforme (Alegre et al., 2000, as cited in (Ferreira, Antunes, & Gomes, 2020));

Captação: infraestrutura constituída por grupo de bombagem, destinada à captação de água subterrânea ou superficial;

Célula: infraestrutura associada a um reservatório, destinada a armazenar um volume de água tratada;

Comprimento reabilitado: comprimento das condutas de adução e distribuição que foram reabilitadas num determinado ano, incluindo não só as condutas renovadas ou substituídas, mas também as condutas reabilitadas por meio de outras técnicas;

Conduta: Tubagem destinada a assegurar a condução das águas para o abastecimento público.

Dados: dados internos relativos à própria EG e ao sistema que opera, necessários para o sistema de avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água;

Distribuição: entrega da água nos locais de consumo;

Entidade Gestora (EG): entidade responsável pela prestação dos serviços de abastecimento público de água;

Estação Elevatória (EE): infraestrutura destinada a albergar os grupos de bombagem e respetivas canalizações e equipamentos de comando e controlo;

Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI): procedimento a implementar por parte de uma EG de forma a garantir o cumprimento dos requisitos de desempenho de um SAA de uma forma planeada. Incide sobre a gestão dos ativos fixos tangíveis que compõem os sistemas diretamente associados à prestação do serviço, como sejam as condutas, reservatórios, EE e estações de tratamento (Carriço, et al., 2010);

Indicador de desempenho: medidas quantitativas de eficiência ou de eficácia dos aspetos particulares de desempenho da atividade de uma entidade gestora;

Índice de Valor Infraestrutural (IVI): indicador do estado de conservação da infraestrutura

e constitui uma ferramenta que permite relacionar a vida útil dos ativos com a estimativa de investimento a longo prazo, ao nível do processo de renovação da rede de abastecimento de águas. Representa o rácio entre o valor atual da infraestrutura e o seu valor de reabilitação;

Mockup: representação estática e visual de um projeto. Normalmente o *mockup* é semelhante ao design final do projeto e quando bem elaborado ajuda a representar a estrutura da informação, visualizar o conteúdo de forma estática e demonstrar as principais funcionalidades do projeto;

Ponto de entrega: local físico, ou conjunto de locais físicos, onde é feita a entrega de água para consumo humano entre entidade gestoras ou para diferentes áreas de análise dentro de uma entidade gestora;

Protótipo: modelo criado com o objetivo testar um produto, serviço ou sistema. Um protótipo geralmente é construído na fase de testes de um projeto;

Quantum Geographical Information System (QGIS): SIG livre e moldável, no qual envolve áreas como a pesquisa georreferenciada, a criação de novas *layers* (pontos, linhas e polígonos), definição de regras topológicas básicas, cálculo de áreas, perímetros e comprimentos, transformação de coordenadas, a agregação de dados alfanuméricos a partir de fontes externas, entre outros fatores;

Ramal: troço de canalização destinado ao serviço de abastecimento de um ou mais alojamentos, compreendido entre os limites da propriedade e a conduta da rede pública em que estiver inserido;

Reservatório: infraestrutura destinada a albergar as células e respetivas canalizações e equipamentos de comando e controlo;

Sector: Subdivisão do sistema em áreas de análise mais granuladas (subsistema ou ZMC);

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA): é um sistema que recolhe informação, tais como, o local aonde ocorreu a rutura de uma conduta, transfere a informação de volta para o site central e alerta as entidades envolvidas da determinada situação. Realiza também a análise e controlo de certos acontecimentos, que provocaram ruturas muito graves, no qual é demonstrado a informação de forma lógica e organizada;

Tratamento: correção das características da água tendo em vista o consumo humano.

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo	II
Abstract.....	IV
Siglas e Acrónimos.....	V
Glossário	VI
Introdução	1
1. Enquadramento Teórico.....	5
1.1 Serviço de Saneamento de Água.....	5
1.1.1. Manutenção	7
1.1.2 Gestão Patrimonial das Infraestruturas (GPI).....	9
1.2 Índice de Valor Infraestrutural (IVI)	11
1.3 Informação e Sistemas de informação (SI).....	16
1.3.1 A importância da Informação nas organizações	16
1.3.2 Sistemas de informação (SI)	17
1.3.3. Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	19
1.4. Arquitetura de Sistemas de informação (ASI)	21
1.4.1 Modelação de Sistemas	24
1.5 Protótipo e <i>Mockup</i>	28
2 Estratégia Metodológica	30
2.1 Abordagem metodológica.....	30
2.2 Técnicas de metodologia de investigação.....	31
2.3 <i>Design Thinking</i>	34
2.4 Abordagem Utilizada no Trabalho	36
3 Descrição das Atividades Desenvolvidas	39
3.1 Apresentação do Projeto	39
3.1.1 Arquitetura do DECIdE	41
3.1.1.1 Arquitetura tecnológica do DECIdE	41
3.1.1.2 Arquitetura Aplicada	41
3.2 Análise da Situação Atual.....	44
3.3 Modelo Proposto	65
3.4 Perspetiva de uma potencial integração do subsistema no DECIdE	79
3.5 Limitações do projeto	80
4 Análise crítica aos resultados obtidos do projeto	81
4.1 Desempenho e contributos do projeto	81
4.2 Dificuldades Sentidas	83

Conclusões e Perspetivas de trabalho futuro	84
Referências.....	87
Apêndice	92
Apêndice 1 Template de Caso de Testes.....	93
Anexos	94
Anexo 1 Gráfico Entidade Relação	95
Anexo 2 Listagem completa dos ramais QGIS.....	96

Índice de Figuras

Figura 1 Design Thinking Framework	35
Figura 2 Arquitetura delineada no DECIdE.....	43
Figura 3 Modelo de Dados do DECIdE.....	45
Figura 4 Rede de distribuição da EG Teste	46
Figura 5 Tabela da conduta no QGIS	47
Figura 6 Tabela de atributos dos ramais no QGIS	55
Figura 7 Métricas aplicadas ao modelo de IVI (Amaral, Alegre, & Matos, 2016).....	67
Figura 8 Diagrama de componentes atual.....	69
Figura 9 Diagrama de Componentes do Subsistema de IVI.....	70
Figura 10 Diagrama de classes do IVI.....	71
Figura 11 Framework Geral DECIdE.....	72
Figura 12 Framework DECIdE com subsistema IVI	73
Figura 13 Framework de Funcionamento do subsistema IVI	74
Figura 14 Mockup Valoração de infraestruturas (1ª passo).....	76
Figura 15 Mockup Valoração de infraestruturas (2ª passo).....	77
Figura 16 Mockup Valoração de infraestruturas (3ª passo).....	78
Figura 17 Template Caso de Testes	93
Figura 18 Diagrama Entidade Relação DECIdE.....	95
Figura 19 Dados dos Ramais Completos (QGIS)	96

Índice de Tabelas

Tabela 1 Elementos do Diagrama de Componentes.....	27
Tabela 2 Custos unitários antigos das condutas em função do DN e material	50
Tabela 3 Cálculo dos valores atuais unitários para as condutas	51
Tabela 4 Custos unitários novos das condutas em função do DN e matéria	53
Tabela 5 Valores de substituição de cada conduta.....	54
Tabela 6 Custos unitários antigos dos ramais em função do DN e material	56
Tabela 7 Cálculo do valor atual unitário dos ramais	59
Tabela 8 Custos unitários novos dos ramais em função do DN e material	59
Tabela 9 Cálculo do valor previsto unitário dos ramais	63
Tabela 10 Dados finais/visualizados no Dashboard do DECIdE.....	64

Índice de Expressões

Equação 1 Fórmula do IVI.....	13
Equação 2 Custos unitários das condutas(antigas) face ao tipo de material.....	49
Equação 3 Fórmula do valor atual das condutas	50
Equação 4 Novos custos unitários das condutas face ao tipo de material	52
Equação 5 Fórmula do valor de substituição	53
Equação 6 Cálculo do IVI para as condutas	54
Equação 7 Custos unitários dos ramais face ao tipo de material	55
Equação 8 Cálculo do IVI para os ramais.....	63

Introdução

A água foi, desde sempre, um fator essencial no estabelecimento de vida em geral e do homem em particular, a sua importância fez com que fosse verificada uma evolução nas técnicas de transporte para consumo humano ao longo de milénios (Baptista, 2011). Apesar desta evolução, ao longo dos anos verificou-se que passou a existir uma maior preocupação no serviço de saneamento da água e da qualidade da rede de distribuição (Cosgrove & Loucks, 2015).

Surgiram assim os sistemas de distribuição de água, que vieram da necessidade de intervir nas diferentes redes de distribuição, que apresentavam sinais de degradação física nos ativos (condutas, ramais, células, entre outras). A integração destes sistemas de distribuição tem vindo a aumentar com o decorrer do tempo, tanto a nível nacional e mundial, devido aos Serviços de Abastecimento de Água (SAA) e à sua tendência de evolução significativa, no sentido de disponibilizar um bom serviço (Pato, 2011).

O processo de manutenção e de reabilitação dos SAA pode ser considerado de natureza complexa nos municípios, desta forma o Decreto-Lei nº 194/2009 veio estabelecer o regime jurídico dos SAA, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos. Os SAA às populações, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos constituem serviços públicos de carácter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente. De acordo com este Decreto-Lei estes serviços devem pautar-se por princípios de universalidade no acesso, de continuidade e qualidade de serviço e de eficiência e equidade dos tarifários aplicados. A implementação de um processo de Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI), de acordo com a legislação em vigor, requer que as Entidades Gestoras (EG) disponham de informação sobre a situação atual e projetada da rede, a sua caracterização, a avaliação do estado funcional e conservação (Ferreira, 2017).

Na sequência da publicação do Decreto-Lei nº 194/2009 as EG mostram alguma preocupação, bem como a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) relativamente à necessidade das EG adotarem estratégias adequadas para a GPI dos sistemas urbanos de água. De forma a ajudar as EG a recolher e armazenar os dados dos diferentes Sistemas de Informação (SI), tendo em conta as dimensões e características de cada EG, foi desenvolvida uma plataforma de apoio à gestão das infraestruturas no âmbito de um projeto de investigação sob a coordenação com o IPS e em colaboração com o Instituto Superior Técnico e o Instituto Politécnico de Beja.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), têm um grande impacto no suporte e gestão de toda a informação espacial, permitindo a ligação entre os processos de reabilitação urbana,

dados e os diversos SI, tornando-se assim essenciais nos processos de integração, interligação e de apoio à gestão nas diferentes EG. As EG do DECIdE, apresentam diferentes SIG, bem como processos de recolha e atualização de informação bastante distintos (Ferreira, et al., 2019).

A plataforma DECIdE apresenta diversos módulos (Importação, Visualização de dados, Visualização da representação da infraestrutura e o Cálculo dos Balanços Hídricos e Energéticos) e integra algumas ferramentas (*Quantum Geographical Information System-QGIS*, entre outras), de modo a responder e ajudar as EG no processo de tomada de decisão e na análise infraestrutural (Ferreira, et al., 2019).

A gestão das redes de distribuição da água é um processo dispendioso para os consumidores, bem como para as próprias EG, devido à quantidade de água perdida e os elevados custos de reabilitação. Por norma, se as infraestruturas puderem ser utilizadas na máxima capacidade, as poupanças na reabilitação da rede de distribuição vão ser transmitidas às entidades, tornando a gestão do portfólio mais eficaz.

O envelhecimento das infraestruturas é uma realidade inevitável para as EG, uma vez que os componentes que constituem as mesmas infraestruturas deterioram-se com o passar dos anos (ultrapassada a sua vida útil) e começam a aparecer problemas relativamente ao seu desempenho, qualidade e eficácia (rutas e interrupções do abastecimento). Por consequência, a gestão do portfólio de abastecimento de água permite às EG terem em conta todos os detalhes da rede e dos seus ativos para uma melhor gestão, bem como a qualidade do serviço da rede (falhas e perdas de água) e outras áreas, de forma a evitar as perdas na distribuição.

Neste sentido, coloca-se a seguinte pergunta de partida, tendo em conta o trabalho já desenvolvido anteriormente pela equipa do DECIdE: Como aproveitar melhor os recursos/infraestruturas, a rede de distribuição e reabilitação das mesmas, face às problemáticas e pontos de vistas das EG?. A resposta a esta questão analisa-se ao longo deste projeto, uma vez que poderá aferir a medida desta ligação entre os processos de reabilitação urbana e os SIG, avaliando o subsistema IVI como base para o processo de reabilitação das redes. Deste modo, importa apresentar de seguida os objetivos deste projeto.

A realização deste trabalho de projeto visa dar seguimento as soluções desenvolvidas no âmbito do projeto de investigação “Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água”, denominado de DECIdE e coordenado pelo IPS (Ferreira, et al., 2019). Na sequência deste projeto de investigação, apresenta-se uma proposta de subsistema que permite o cálculo do valor do Índice de Valor Infraestrutural (IVI), tendo em conta no futuro a sua integração no DECIdE, permitindo uma melhor monitorização e gestão das infraestruturas das EG.

O objetivo principal do presente projeto é o desenvolvimento de uma proposta de subsistema IVI com vista à sua integração no modelo atual do DECIdE, de modo a auxiliar as EG na gestão do portfólio de investimento nos seus ativos/infraestruturas (substituição e manutenção de infraestruturas) e nos serviços de saneamento. Neste sentido, os objetivos específicos deste projeto são: Analisar a rede de distribuição de uma EG fictícia criada para o efeito (protótipo), pela equipa do DECIdE, designada de EG teste, que contém os dados necessários para a criação do modelo de subsistema de IVI; Desenvolver um quadro de referência de arquitetura para o subsistema IVI e um *mockup* do modelo, que sustenta a proposta deste subsistema e a sua potencial integração com o sistema DECIdE.

O cruzamento do objetivo principal e dos objetivos específicos do presente projeto vão estar de acordo com a metodologia de trabalho qualitativa, na medida em que se pretende compreender as particularidades das EG, na qual regista a ocorrência de determinadas situações, procura compreender e estudar contextos particulares, ou seja, explorar dados, resultados e hipóteses. As técnicas qualitativas utilizadas foram: reuniões; entrevistas; observações diretas e indiretas; e análise documental. A análise destes dados vai se focar não só na vertente de manutenção das infraestruturas, como também na perspetiva *user friendly* final (*mockups*), para que possa ser entendido pelos envolvidos e de forma a se atingir resultados adequados (Takhar-Lail & Ghorbani, 2015).

Utilizou-se os conhecimentos adquiridos nos documentos fornecidos pela equipa DECIdE, de forma a se conseguir desenvolver um projeto de carácter exploratório e descritivo, de forma a interligar e integrar a proposta de subsistema de IVI no DECIdE. Para efeito de testes a equipa do DECIdE desenvolveu um protótipo de uma EG fictícia, de forma a demonstrar e analisar as funcionalidades da plataforma e dados necessários para o DECIdE. Efetuou-se um trabalho de investigação abrangente e rigoroso aos documentos fornecidos pela equipa DECIdE e documentação da ERSAR, entre outros, de modo a obter-se a informação necessária para o desenvolvimento do subsistema IVI.

Adicionalmente, englobou-se este trabalho numa abordagem de *Design Thinking*, possibilitando assim um maior leque de soluções inovadoras e estratégicas, que auxilia os processos e modelo proposto, tornando mais compreensível e acessível para a tomada de decisão e de resolução de problemas. O *Design Thinking*, permite um melhor *engagement* no desenvolvimento de soluções assertivas, sendo útil não só no processo de desenho e avaliação do projeto, como também na promoção de uma melhor qualidade e eficácia dos serviços por parte das EG (Hevner, 2007).

Apresentado o enquadramento do trabalho, definidos a importância dos processos no aumento

de valor para as EG e de forma a alcançar os objetivos estabelecidos, estruturou-se este trabalho em seis capítulos, com a finalidade de facilitar e acompanhar o seu desenvolvimento.

No Capítulo 1 aborda-se o enquadramento teórico, no qual se apresenta todo o conteúdo teórico no projeto, fundamentando todos os temas apresentados.

Ao longo do Capítulo 2 realiza-se o enquadramento da abordagem metodológica do trabalho, explica-se os diferentes conceitos e técnicas e apresenta-se uma abordagem adicional que vai auxiliar a metodologia escolhida.

O Capítulo 3 descreve o contexto em que o projeto foi enquadrado e as atividades desenvolvidas ao longo deste trabalho, apresenta-se uma breve descrição do projeto DECIdE, as EG e equipas envolvidas, a arquitetura da solução DECIdE, o modelo proposto/*mockup* do subsistema IVI e os obstáculos encontrados no desenvolvimento da proposta e na análise dos dados.

O Capítulo 4 vai detalhar as análises ao projeto, a perspetiva que se adotou no subsistema e como é que vai impactar na sua globalidade, a EG teste. Adicionalmente, apresenta-se as dificuldades sentidas na realização deste trabalho.

Este trabalho termina com uma conclusão, aonde são apresentadas as ideias, pontos de vistas e fatores retirados do trabalho, destacando-se a importância das soluções e as perspetivas de trabalho futuro.

1. Enquadramento Teórico

Ao longo deste capítulo serão apresentados conceitos e definições teóricas, que têm como objetivo contextualizar todo o conteúdo que será apresentado na Descrição e Apresentação das Atividades desenvolvidas ao longo deste projeto.

1.1 Serviço de Saneamento de Água

A água é essencial para a vida devido ao impacto direto que tem na qualidade de vida das pessoas, logo por razões de saúde é importante que a água esteja dentro dos limites de qualidade e de segurança, livre de agentes patogénicos e químicos tóxicos, para que seja utilizada nos serviços de fornecimento e distribuição de água para consumo público, bem como na prestação do serviço de saneamento de águas residuais urbanas (Ramôa, 2010).

Com o passar do tempo as entidades de distribuição e os governos têm trabalhado para resolver este tipo de problemas de água, visto que a sua importância afeta não só as pessoas, como também a atividade económica (ERSAR, 2010). Quando analisam os valores máximos e mínimos dos encargos observados para um consumo típico, uma das estratégias que adotaram foi uma gestão eficiente e sustentável de cada sistema de distribuição de água, visto que está presente em diversos serviços e atividades diárias (utilização doméstica, municipal, coletivo, industrial, comercial, bem como o uso agrícola) (Martins, 2014).

O setor dos serviços de águas e resíduos em Portugal passou nos últimos 20 anos por uma fase de infraestruturação intensiva, capacitando as Entidades Gestoras (EG) a melhorarem os seus serviços, em termos de qualidade e atividades económicas. Para o abastecimento de água, existem mais de 200 sistemas de pequenas dimensões que garantem a distribuição dos serviços a populações de menor escala, o que corresponde a mais de metade dos sistemas de abastecimento responsáveis pela prestação deste serviço (ERSAR, 2013).

Os Serviços de Abastecimento de Água (SAA) e de saneamento de águas residuais, em conjunto com o fornecimento de eletricidade e com a recolha e tratamento de resíduos, são indicadores do desenvolvimento dos países e fontes de bem-estar das sociedades atuais (Bernardo, 2015).

Os SAA e de saneamento de água desempenham um papel importante no controlo e desempenho dos serviços municipais, visto que maximizam o fluxo de água entre diferentes pontos do país/sociedades e que abrangem diferentes utilidades/fins (abastecimento de parques, limpeza de ruas, fontes de água decorativas, entre outros) (Pereira, 2012).

Com o incremento das exigências ao nível da distribuição, qualidade da água e da sua manutenção, as entidades reguladoras, colocam enorme pressão sobre todas as EG responsáveis pelo abastecimento às populações, recaindo sobre estas a responsabilidade de otimizar a gestão

deste recurso e assegurar o cumprimento das exigências legais, aumentando o grau de satisfação dos consumidores. Devido a isso não é possível falar de um verdadeiro desenvolvimento do país sem ter em conta a necessidade de dispor dos SAA e de drenagem das águas residuais, às populações de forma generalizada em todo o território, com uma aceitável qualidade de serviço, sendo que os SAA devem se reger de acordo com os princípios de continuidade, de eficiência e equidade dos preços (ERSAR, 2013).

Uma das entidades em Portugal Continental, que tem como função regular os SAA, de saneamento residuais urbanas, de gestão de resíduos urbanos e ter uma função de autoridade competente na gestão da qualidade da água, para o consumo humano, é a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). Um estudo realizado pela ERSAR, na vertente da avaliação da qualidade dos SAA, revelou que em média, cerca de 35% do volume de água captado, tratado e distribuído pelos sistemas de abastecimento não é faturado chegando este valor, em casos mais graves, nas zonas rurais e mediantemente urbanas, a rondar os 70%. Considerando que o limite aceitável deveria ser da ordem dos 20% para o volume de água não faturado, as EG incorrem em custos de cerca de 167 milhões de euros (ERSAR, 2017).

Portugal apresenta um número elevado de sistemas para assegurar os SAA e os serviços de drenagem de águas residuais, embora encontrem-se desnivelados ao nível dos custos associados à prestação dos serviços de águas e manutenção das redes de distribuição, visto que poderão assumir valores bastante superiores em algumas regiões, comparadas com outras, em especial nas regiões mais rurais e carenciadas do ponto de vista económico e social (ERSAR, 2020).

Esta situação dificulta a gestão técnica e económica dos sistemas, devido ao elevado número de sistemas de muito pequena dimensão, precários e ao grande número de EG, sem escala para assegurar níveis adequados de qualidade de serviço e economias na exploração.

De acordo com ERSAR (2017), esta sugere que os SAA não devem apenas servir as pessoas, mas também devem ser concebidos de modo a melhorar os serviços disponibilizados, permitindo assim uma maior interligação entre a tecnologia, o ambiente, o financiamento e a gestão infraestrutural, dos envolvidos. Estes aspetos acrescentam valor ao setor e permite uma melhor prestação dos SAA e de saneamento residuais à população do País, uma vez que é da responsabilidade das EG, assegurar a distribuição igualitária de água para as populações e com qualidade, minimizando os custos (Ferreira, et al., 2019).

Uma das ações de intervenção aos diferentes sistemas de distribuição das EG, podem ser de carácter (Covas, et al., 2016):

- Infraestrutural (reabilitação de condutas ou coletores);
- Operacional (alteração de esquemas de operação de uma estação elevatória, setorização

em zonas de gestão de pressão);

- Manutenção (substituição de uma bomba numa estação elevatória).

Assim, por ação de intervenção entende-se qualquer procedimento de caráter estrutural, de operação ou de manutenção realizado sobre a infraestrutura urbana de água. Na definição de intervenções infraestruturais, estas devem ser pré-dimensionadas e devem ter em conta a possibilidade de adoção de tecnologias diferentes (Covas, Almeida, Alegre, & Carriço, 2016). As EG estabeleceram planos de investimentos para a manutenção que, beneficiam de apoios por parte dos fundos comunitários, e baseiam-se em uma estratégia que permitem, atingir os objetivos estabelecidos. Estes objetivos estratégicos estão estabelecidos no Planeamento Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais II (PEAASAR II) e dividem-se em três grandes áreas (ERSAR, 2017): Universalidade, continuidade e qualidade do serviço; Sustentabilidade do setor; e Proteção dos valores de saúde pública e ambientais.

1.1.1. Manutenção

Tal como em todas as atividades, neste sector, a gestão do portfólio de investimentos das infraestruturas, refletem sempre um indicador crucial para as EG, desta forma segundo Orellana, et al. (2018) torna-se eficaz traçar um plano estratégico com vista à manutenção e prolongamento da vida útil e qualidade das infraestruturas. A experiência e conhecimento têm evoluído com a difusão do sector, por consequência existiu um aumento das exigências ao nível da gestão das atividades de manutenção a empresas externas, o que por sua vez provocou algum atraso no desenvolvimento de técnicas de manutenção ótimas para acompanhar as necessidades e que resulta na incapacidade de determinadas EG conseguirem obterem uma recuperação total dos custos de reabilitação (Amaral, Alegre, & Matos, 2016).

Em Portugal, com a necessidade de cumprimento dos objetivos traçados no PEAASAR, o investimento tem vindo a centrar-se na área de projeto de construção resultando num crescimento de infraestruturas adequadas. A operação e manutenção destas infraestruturas são realizadas, na maioria por empresas a quem foram atribuídas estas atividades (ERSAR, 2020). De modo a poder controlar os caudais, e as perdas num SAA, as entidades gestoras têm por hábito proceder a uma medição zonada, isto é, dividem a sua rede de distribuição por zonas devidamente identificadas e delimitadas, permitindo o controlo de entradas e saídas de água, fazendo um balanço de caudais, e estimar o comportamento de consumos. Cada uma dessas zonas é designada por Zona de Medição e Controlo (ZMC) (Pereira, 2012).

Existem diversos fatores que vão influenciar a delimitação e dimensão de cada ZMC, tais como a topologia, as densidades populacionais e de ramais da rede, e também o número de pontos de

entrada de água (que deverá ser minimizado sempre que possível) (Pereira, 2012). O investimento dos últimos anos em novas infraestruturas tem sido enorme, de tal forma que os apoios da União Europeia no período de 2006-2010 (1553 milhões de euros) representam 55% do total obtido desde 1977 (Pato, 2011). Isto permitiu concluir que, a maioria das infraestruturas atualmente existentes neste sector possuem equipamentos recentes, embora isso não seja um indicador de análise muito preciso, visto que a capacidade de desempenho de certos equipamentos (condutas, ramais, entre outros) ainda se pode encontrar numa fase de fiabilidade razoável, ou seja, mesmo sem manutenção pode afirmar-se que os equipamentos ainda se mantêm numa fase de desempenho sustentável (ERSAR, 2017).

Contudo, os problemas envolvidos com a manutenção dos SAA e de saneamento, vão englobar mais pontos a nível infraestrutural, uma vez que vão influenciar outros aspetos importantes, tais como, elevadas perdas de água, avaliação do desempenho e avaliação dos custos da rede, que por sua vez conduzem ao seu envelhecimento e perda de qualidade no processo (Bernardo, 2015). Estas perdas traduzem-se em fatores inerentes ao planeamento da gestão, bem como, um desperdício de recursos, estando na base destes valores um conjunto variável de razões, nomeadamente (Teixeira, 2016):

- Redes velhas e sem manutenção preventiva;
- Demora na deteção e reparação de ruturas;
- Consumos não contabilizados (regas de espaços públicos, lavagem de ruas, entre outros);
- Utilização indevida de bocas de incêndio;
- Contadores adulterados ou com erros elevados de contagem associados, devido ao seu envelhecimento.

Estes aspetos necessitam de uma intervenção constante para o bom funcionamento da rede e que os dados retirados da ZMC, de modo a que estes estejam bem integrados, de forma a analisar-se qual a melhor estratégia a nível de novos investimentos em infraestruturas e da sua manutenção, visto que, constituem uma atividade que apresenta um grau elevado de incertezas no retorno do mesmo, sem antes obter um histórico capaz de fornecer informações sobre o desempenho do equipamento (Teixeira, 2016).

O processo de Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI), de acordo com a legislação em vigor (Decreto Lei n.º 194/2009 de 20 de Agosto do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2009), requer que as EG disponham de informação sobre a situação atual e projetada das infraestruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu

estado funcional e de conservação (Ferreira, et al., 2019). Por outro lado, existe ainda o caso de um sistema de tratamento de águas para abastecimento que possua reservatórios de armazenamento, o que possibilita que uma grande percentagem de avarias em equipamentos não implique a paragem de abastecimento, e um sistema de tratamento de águas residuais não inviabiliza, na maioria dos casos, o seu tratamento em caso de paragem de equipamentos (ERSAR, 2020).

1.1.2 Gestão Patrimonial das Infraestruturas (GPI)

O setor dos SAA mobilizam montantes elevados, sendo assim indispensável a gestão racional das infraestruturas de suporte para garantir a sua sustentabilidade. Perante os problemas de envelhecimento do património existente, alterações de procura face às previsões e introdução de requisitos regulamentares e regulatórios cada vez mais exigentes, os gestores começam a considerar seriamente a necessidade de implementar sistemas de gestão de ativos (Alegre & Covas, 2010). Os SAA, estão sujeitos a diferentes solicitações de consumo, a novas exigências regulatórias e à degradação natural do estado de conservação dos componentes (Alegre, Vitorino, & Coelho, 2014).

Para se conhecer um sistema é essencial proceder-se ao diagnóstico da situação de referência, em que o nível de pormenor desta análise, está intrinsecamente ligado ao volume e à fiabilidade da informação disponível (Carriço, et al., 2010). As EG estão permanentemente a escolher entre executar investimento ou aumentar os custos operacionais, dado que adiamentos na execução de investimentos de reabilitação afetam os custos de operação e de manutenção futuros. Estes processos de decisão devem estar suportados em boas práticas de Gestão Patrimonial das Infraestruturas (GPI). De acordo com Ferreira (2017) a GPI é uma abordagem multidisciplinar, sendo os principais pilares de competência a gestão (incluindo economia e sociologia das organizações), a engenharia (e.g., civil, ambiental, mecânica) e a informação (e.g., gestão da informação, comunicação, informática).

Uma das definições mais completas da GPI, segundo Bhagwan (2010) 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 e minimizar os riscos que lhes estão associados”. Uma abordagem estruturada de GPI, quando devidamente aplicada, auxilia as EG a (Ferreira, 2017):

- Garantir a sustentabilidade de níveis de serviço adequados;
- Clarificar e justificar as prioridades de investimento;
- Encontrar um balanço entre desempenho, custo e risco a curto, médio e longo prazos;

- Utilizar de forma sustentável os recursos hídricos, energéticos, humanos e tecnológicos, entre outros;
- Planear a adaptação dos sistemas às alterações climáticas;
- Privilegiar a reabilitação das infraestruturas existentes, sobre a construção de novas, sempre que possível.

O Decreto-Lei nº 194/2009 veio estabelecer o regime jurídico dos SAA, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos. Os SAA às populações, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos constituem serviços públicos de carácter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente. A implementação de um processo de GPI, de acordo com a legislação em vigor, requer que as EG disponham de informação sobre a situação atual e projetada das infraestruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu estado funcional e de conservação (Ferreira, 2017).

A boa gestão de longo prazo das infraestruturas de águas, indicados da GPI, é fundamental para a sustentabilidade dos serviços prestados, qualidade de vida e desenvolvimento da sociedade (Alegre & Covas, 2010). Com o aumento de construção de infraestruturas públicas através da mobilização de financiamentos públicos ou privados, as EG terão de maximizar o valor das infraestruturas existentes, investindo na gestão sustentável e adoção de políticas que permitam obter um melhor proveito da infraestrutura ao longo da sua vida útil (Ferreira, 2017).

A vida útil remanescente constitui um dos processos chaves na GPI, devido ao facto que demonstra a integridade física da infraestrutura (perdas de água, falhas no serviço), a capacidade de atingir o nível de serviço pretendido, de modo a satisfazer as necessidades operacionais e o momento em que deixa de ser economicamente viável mantê-lo em serviço (Serra, Correia, & Pires, 2017). Durante o processo de reabilitação de infraestruturas, certos troços de uma rede podem ser afetados, uma vez que o seu funcionamento e desempenho ficou dependente de certas características dessa infraestrutura antiga (qualidade, tipo de material, durabilidade). Por norma estas características vão ser determinantes na substituição e valorização das infraestruturas, junto com a vida útil remanescente, visto que as infraestruturas ao longo do ciclo de vida, são alvo de renovações (Amaral, Alegre, & Matos, 2016).

Toda a envolvente da GPI, permite otimizar e ajudar as EG a cumprir certos *milestones* e a interligar os diferentes processos de reabilitação dos SAA, conseguindo assim atingir os objetivos de desempenho e de qualidade infraestrutural (durante a sua vida útil, entre outros) (Covas, et al., 2016). De modo a controlarem os caudais e as perdas num SAA, as EG podem dividir a sua rede de distribuição por ZMC (verificando entradas, saídas de água e estimar os

consumos). Por norma, a GPI apresenta um papel importante na manutenção da rede, de acordo com os seguintes níveis de decisão (Covas, et al., 2016):

- o nível estratégico, de âmbito corporativo e com uma perspetiva de longo prazo, que define objetivos estratégicos e metas de modo a orientar o rumo da organização;
- o nível tático, de âmbito departamental onde os responsáveis pelas infraestruturas definem as ações de reabilitação e manutenção, numa perspetiva de médio prazo, e criam as condições para a sua execução, em alinhamento com os objetivos estratégicos;
- o nível operacional, onde se definem e implementam as intervenções de curto prazo, no terreno. Os processos associados a cada um destes níveis devem assegurar o equilíbrio entre o desempenho, o risco e o custo ao longo do ciclo de vida da infraestrutura.

A cada um destes níveis correspondem planos distintos, com horizontes temporais e âmbitos geográficos e temáticos diferenciados. Os planos estratégicos, promovidos pela administração das organizações, estabelecem os objetivos e respetivas metas, a longo prazo, mas não especificam o modo para atingir os resultados pretendidos. É assim elaborado um plano estratégico de âmbito global, abrangendo toda a organização e toda a área geográfica servida (Carriço, et al., 2010).

Os processos de planeamento tendo em conta os aspetos designados (vidas úteis de cada infraestrutura, a reabilitação, a necessidade de melhorar o desempenho e qualidade), vão estar centrados no planeamento das intervenções nas infraestruturas, quer digam respeito a investimentos de expansão ou de reabilitação, de modo a cumprir com a legislação e gestão dos riscos dos serviços (Bernardo, 2015).

1.2 Índice de Valor Infraestrutural (IVI)

O conceito de Índice de Valor Infraestrutural (IVI), proposto por Alegre, Vitorino & Coelho (2014), tem apresentado alguma relevância, uma vez que é uma ferramenta eficaz de apoio ao planeamento a longo prazo, facilitando a capacidade de comunicação e integração de novas estratégias nas EG. De acordo com um estudo realizado por Alegre, Vitorino & Coelho (2014) as EG apresentam diferentes procedimentos e estratégias nos seus SAA, na gestão das diferentes redes e infraestruturas inseridas nos seus sistemas, tendo em conta que algumas dessas infraestruturas, apresentavam ativos em diferentes condições e fases do seu ciclo de vida. A gestão SAA e das infraestruturas urbanas lidam, com diferentes aspetos que influenciam o modelo de distribuição de água, tais como: vida útil; custo; idade; e condição (Ferreira, 2017). A distinção entre os materiais que possam ser utilizados em determinados tipos de rede é, normalmente, o ponto de partida para uma análise detalhada do portfólio de investimentos, uma

vez que é necessário realizar a manutenção de certos troços de uma rede, ou de uma certa infraestrutura. Para isso vai ser necessário avaliar se a mesma tem capacidade para suportar as condições que lhe serão impostas, já que existem diferentes tipos de materiais que respeitam as exigências feitas em relação às características de qualidade e eficiência.

Por norma, as EG herdaram certas infraestruturas em diferentes condições e fases do seu ciclo de vida útil, alguns deles enterrados, denominados de ativos lineares (condutas, ramais, captação, entre outros) e outros acima do solo, designados de ativos verticais (estações de tratamento, estações elevatórias, estruturas de armazenamento) (Alegre, Vitorino, & Coelho, 2014). Na substituição de uma infraestrutura as entidades utilizam por norma, materiais compatíveis com os das infraestruturas antigas de modo a efetuar a escolha adequada ao nível do serviço (desempenho) e programar corretamente as intervenções, minimizando assim os custos e melhorar a gestão do portfólio de investimentos (Ferreira, et al., 2019).

Ao ser aplicado o modelo de IVI à gestão da sua rede de distribuição, de acordo com Alegre (2014), identificou-se os seguintes requisitos associados a este modelo:

- O valor das infraestruturas deve de refletir a qualidade do serviço, em vez do desempenho das componentes individuais;
- Necessário delinear uma boa política de manutenção bem estruturada, em conjugação com as políticas do IVI;
- Adaptar as condições das infraestruturas, através da adoção de diferentes ferramentas que suportam o modelo/métricas;
- Diferenciar a vida útil para as diferentes condutas de distribuição e de adução, para os diferentes materiais utilizados e para os diferentes diâmetros/tamanhos;
- Adotar sistemas de avaliação corporativas existentes, com objetivos orientados para o serviço, critérios de avaliação e de análise;
- A vida útil do ativo, deve ser considerada um *output* em vez de um *input*;
- Selecionar métricas relevantes, no qual vão depender da eficiência e eficácia da infraestrutura.

O planeamento a longo prazo dos serviços de manutenção, vai incorporar o ciclo de vida dos ativos individuais sem perder de vista a prestação de serviços sustentado e sustentável. Segundo Alegre, Vitorino & Coelho (2014), referem que as EG dos sistemas de abastecimento devem fazer a gestão do respetivo valor do ativo lineares e vertical, de forma a garantir um serviço de qualidade adequado e certificando-se que os transmitirão aos seus sucessores, de modo que estes continuem a fazê-lo.

A informação recolhida sobre a infraestrutura pode ser avaliada tendo em conta as seguintes perspetivas: orientada para o ativo (cálculo com base na vida útil de cada ativo, curvas de amortização e custos de substituição de cada tipo de ativo) e orientada para o serviço (cálculo com base no desempenho das unidades funcionais da infraestrutura e considerações de custos e riscos). De acordo com Alegre & Covas (2010), maior parte das EG adotam uma perspetiva dos ativos quando integram o IVI, devido a forma como é detalhada, apresentada nos documentos finais e analisada face ao grau de utilidade e tempo de vida de uma infraestrutura. O IVI caracteriza-se por ter uns de valores de referência e um método de avaliação, dependendo de a perspetiva ser orientada para o ativo ou para o serviço. Assim sendo, uma infraestrutura será avaliada da seguinte forma (Alegre, Vitorino, & Coelho, 2014):

- $IVI \in [0; 0,40[$ - com uma qualidade de serviço insatisfatória e uma infraestrutura “envelhecida”;
- $IVI \in [0,4; 0,6]$ - classificado como uma qualidade de serviço boa e representa uma infraestrutura estabilizada;
- $IVI \in]0,60; 1,0]$ - com uma qualidade de serviço pouco precisa devido à sua infraestrutura recente/antiga com fases de expansão.

Este indicador pode medir a vida de uma infraestrutura num determinado momento temporal. Os valores de referência no caso de uma infraestrutura estabilizada, encontram-se à volta dos 0,5, em que o investimento em reabilitação iguala, em média, a depreciação da infraestrutura (ERSAR, 2020). Valores muito acima dos 0,6 traduzem-se em infraestruturas jovens, ainda não estabilizadas, infraestruturas antigas, mas em fase de expansão, ou ainda infraestruturas com sob reinvestimento em reabilitação. Valores abaixo de 0,4 apontam para infraestruturas envelhecidas e com grande necessidade de investimentos em reabilitação (ERSAR, 2020).

No planeamento das estratégias, o IVI vai ser essencial, uma vez que permite projetar a longo prazo, os resultados prováveis das estratégias de renovação infraestrutural atuais da EG. Para o cálculo do valor atual da infraestrutura e o correspondente valor de substituição no IVI, é utilizado geralmente a seguinte expressão (Alegre, Vitorino, & Coelho, 2014):

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^N (cs_{i,t} \times \frac{vr_{i,t}}{vu_i})}{\sum_{i=1}^N (cs_{i,t})} = \frac{\text{valor atual da infraestrutura}}{\text{valor de reposição da infraestrutura}} \quad (1)$$

Equação 1 Fórmula do IVI

No qual:

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

$IVI(t)$ – índice de valor infraestrutural no ano t (-);

N – número total de ativos (-);

csi,t – custo de substituição do ativo i no ano t (€);

vri,t – vida útil residual do ativo i no ano t (ano);

vui,t – vida útil técnica total do ativo i (ano).

Para a reabilitação das infraestruturas todos os custos de substituição, vão ter como base a substituição de uma infraestrutura por outra com características semelhantes. A variável do valor atual da infraestrutura, segue o custo da infraestrutura na situação atual tendo em conta a amortização acumulada e a sua vida útil remanescente. De forma sucinta, a informação recolhida no cálculo da fórmula do IVI (Equação 1) deve permitir a avaliação do sistema, dando resposta aos seguintes aspetos (Carriço, et al., 2010):

- Avaliar o grau de cumprimento dos objetivos estratégicos e táticos com base no cálculo das medidas de desempenho e das metas definidas para a globalidade do sistema;
- Caracterizar o estado atual das infraestruturas existentes, incluindo a atualização do cadastro e a avaliação do estado funcional e de conservação das infraestruturas;
- Avaliar o IVI;
- Identificar os componentes mais críticos do sistema para assegurar o desempenho requerido de modo sustentável e estabelecer medidas mitigadoras do risco;
- Estimar as solicitações de serviço no horizonte temporal do plano e de longo prazo, incluindo a previsão da evolução populacional;
- Avaliar o desempenho funcional do sistema para as solicitações previstas;
- Identificar as componentes que requerem uma intervenção prioritária em termos de reabilitação, com base na avaliação do grau de cumprimento dos objetivos táticos.

A sustentabilidade dos serviços urbanos de água exige um esforço concentrado de forma a melhorar o planeamento a longo prazo, avaliando, entre outros aspetos: o valor da infraestrutura ao longo do tempo, a necessidade de reinvestimentos e o impacto das políticas de reinvestimento a longo prazo (Amaral, Alegre, & Matos, 2016). Ao longo dos anos em Portugal a maioria dos serviços públicos teve que lidar muitas vezes com dados históricos pouco detalhados ou limitados relativamente às infraestruturas, logo a informação sobre a vida útil, tipo de material e custos inseridos nesta perspetiva vão estar incompletos, traduzindo-se assim num modelo pouco eficaz a nível da GPI (Pato, 2011). Apresentado estas problemática a perspetiva de ativos apresenta uma lacuna tanto ao nível dos diferentes fatores da ZMC (perdas de água), como também na vida útil e qualidade de uma infraestrutura, visto que necessitam de dados detalhados e precisos (Carvalho, 2014).

De acordo com Alegre (2014) o modelo IVI utilizado, provou ser um mecanismo eficaz em vários contextos metodológicos, tanto para uma abordagem *service-centric asset management*, como para uma *simplified cohort-based infrastructure description*, na qual vão depender dos dados disponíveis e dos resultados obtidos para os diferentes ativos. Este modelo requer como *inputs* uma lista de ativos (discretos ou agrupados por *cohorts*) com a data de instalação, intervalo de vida útil estimado e custo de substituição unitária (Alegre, Vitorino, & Coelho, 2014).

Os valores para o IVI (Equação 1) podem variar significativamente, tendo em conta os parâmetros da vida útil custo de substituição e data de instalação, o que leva a avaliações de infraestruturas igualmente diferentes. De acordo com Amaral, Alegre & Matos (2016) surgiram as seguintes questões relativamente à manutenção da infraestrutura:

- Para o mesmo material, as canalizações de água e de águas residuais têm vidas úteis diferentes? Uma infraestrutura ao ultrapassar o seu período de vida útil estipulado, ainda pode desempenhar as suas funções, ou seja, não ser capaz de ter nenhum ano de vida remanescente, atribui-se o valor de zero. Alguns argumentaram que as condutas de águas residuais podem ter vidas úteis mais baixas devido ao ambiente mais agressivo. Outros argumentaram que deveria ser o oposto, uma vez que a tolerância ao risco nas condutas de água é menor.
- Para o mesmo material de tubagem deve variar as vidas úteis para diferentes diâmetros? Mais uma vez, alguns argumentaram que os diâmetros maiores têm uma vida útil mais elevada devido à melhor qualidade de construção, maior espessura, melhores práticas de manutenção, etc. Outros argumentaram que deveria ser o oposto, uma vez que a tolerância ao risco de diâmetros maiores é menor.

A abordagem voltada para os serviços tem a vantagem de reconhecer que o valor de uma infraestrutura e de uma ZMC, depende efetivamente da sua qualidade de serviço (incluindo considerações de eficiência e risco). Outra vantagem é o reconhecimento de que as vidas úteis devem ser um *output* no desempenho do serviço e não um contributo para o planeamento de investimentos (Amaral, Alegre, & Matos, 2016).

Com tudo isto e num contexto de análise no âmbito deste trabalho de projeto, decidiu-se englobar aspetos de ambas as perspetivas (ativos e serviços), relativamente à forma de lidar com a vida útil, tipo de material, DN e métricas dos dados a serem integrados no novo subsistema de IVI. Para responder aos requisitos do IVI, bem como explorar as respetivas perspetivas, é necessário realizar a caracterização e levantamento da informação e dos Sistemas de Informação (SI), de forma a apoiar o processo de decisão e organizar os dados.

1.3 Informação e Sistemas de informação (SI)

A informação assume nos dias que correm, um papel fulcral na atividade de qualquer organização na medida em que se torna vital para a prossecução dos seus objetivos e na tomada de decisão ao nível dos negócios. Não basta que a organização disponha de informação é preciso um SI que permita transformar os dados em informação, desenvolvendo ações que a levem ao alcance dos seus objetivos (Lima, 2020).

Um Sistema compreende o conjunto de componentes que se relacionam entre si, com a finalidade de alcançar um determinado propósito. Por sua vez é importante considerar que, o conjunto destes componentes do sistema, constituem mais do que a mera soma das respetivas partes (Sillitto, et al., 2019). Um SI é um tipo especial de sistema, visto que suportam sistemas de atividades humanas, processam dados em informação e que estão envolvidos na obtenção, distribuição, processamento e utilização dessa informação.

Os SI são constituídos por pessoas, procedimentos e equipamentos, e devem estar alinhados com as estratégias e os objetivos da organização para proporcionarem a informação adequada no desenvolvimento organizacional (Soares, 2003). Os SI tornam-se essenciais ao nível das organizações, devido à sua capacidade enquanto ferramenta de apoio no processo de decisão, na coordenação das atividades e no acréscimo que as tecnologias de informação (TI) vão apresentar, devido à existência de um mercado competitivo, dinâmico e principalmente globalizado, vão motivar as entidades a operarem com um SI adequado e eficiente, garantindo assim níveis elevados de produtividade e de gestão (Guerreiro, Serrano, & Caldeira, 2004). Além dos SI, existem os sistemas de conhecimento, que segundo Rezende & Abreu (2006), são aqueles que manipulam ou geram conhecimento estruturado, cuja finalidade é contribuir para as pessoas, para as organizações e para a sociedade, sendo compostos por recursos da TI.

1.3.1 A importância da Informação nas organizações

Antes de se falar em informação, as suas características e importância, é relevante apresentar uma distinção de conceitos entre dados, informação e conhecimento. Dados são factos ou eventos que por si só não conduzem a uma compreensão, mas que podem ser processados para fornecer ao gestor, informações para a tomada de decisão (Rascão, 2001).

A posse de dados não garante nenhum benefício, pois, são elementos que isoladamente não têm nenhuma utilidade, por consequência a informação é apresentada como um conjunto de dados, colocados num contexto útil e de grande relevância que, quando fornecido no tempo certo e de forma adequada a uma determinada finalidade, proporciona direção, instrução e conhecimento

ao seu destinatário, ficando este mais capacitado para decidir ou desenvolver determinada atividade (Varajão, 2002).

A informação pode ser entendida como um “conjunto de dados que quando colocados num contexto útil e de grande significado têm um valor real ou percebido nas ações ou decisões de quem os utiliza, portanto, trata-se de dados num contexto e sentido lógico que permite a compreensão. A informação adquiriu um papel essencial na nossa sociedade, e com o passar do tempo, a importância deste recurso cresce cada vez mais, sendo a sociedade atual considerada como a sociedade da informação, segundo (Piattini, as cited in (Santos, 2014)).

O conceito de Sociedade da informação apresenta uma forma de desenvolvimento social e económico capaz de conduzir à criação de conhecimento e à satisfação das necessidades dos cidadãos e das organizações (Fernandes, et al., 2007as cited in (Silva, 2021)). Destaca-se ainda o conhecimento e destino da informação, é organizado em estruturas mentais por meio das quais um sujeito assimila essa informação. De acordo com Barreto (2002), conhecer é um ato de interpretação individual, uma apropriação do objeto informação pelas estruturas mentais de cada sujeito.

Esta informação é um bem vital para qualquer organização e o seu valor é determinado pela entidade que o utiliza, sendo variável consoante o contexto em que é utilizada, estando diretamente associada à tomada de decisão (Lima, 2020). Segundo Tarapanoff (2006, as cited in (Lima, 2020)) a utilização da informação é tão importante quanto ação decorrente.

A informação tornou-se tão importante que Drucker (1993, as cited in (Brum, 2011)) ressalta a importância da informação como base para a gestão, que se traduzem em SI e permitem que organizações sejam mais eficazes e eficientes no seu planeamento estratégico. Pode-se concluir de forma lógica que a informação é a base para o ambiente organizacional, não há organização sem SI, não há SI sem informação, logo não há organização sem informação.

1.3.2 Sistemas de informação (SI)

Para Oliveira (1992, as cited in (Brum, 2011)) a informação auxilia no processo de decisão, pois quando devidamente estruturada é de fundamental importância para a organização, pois associa diversos subsistemas e capacita a empresa a alcançar os seus objetivos. A gestão de informação deve ter por base um SI desenvolvido e de acordo com as características e necessidades da organização, desempenhando funções de articulação e processamento de informação com origem nas várias fontes de informação (Estrela, 2014).

De acordo com Laudon & Laudon (2020), os SI representam um conjunto de componentes interligados com capacidade de recolher, recuperar, processar, armazenar numa Base de Dados

(BD) e distribuir informação de apoio à tomada de decisão e controlo de uma organização, tendo ainda a capacidade de coordenar e controlar os assuntos complexos de modo a ter a possibilidade de criar resposta às necessidades.

Uma BD é um repositório de dados onde a informação é armazenada e guardada na mesma BD, de forma a acedê-los quando são necessários (Codd, 1970). O programa apenas especifica como é que os dados são combinados, mas é o gestor da base de dados que efetua as operações, necessárias, para dar a resposta (Rocha, 2003). As gestões das BD nas organizações são imprescindíveis na elaboração de indicadores referentes às respostas adaptadas às necessidades da organização, contudo, não se deve esquecer que a melhor avaliação de um SI provém de sua utilização, baseada na informação para a tomada de decisão.

Segundo Stair & Reynolds (2011), um SI é um conjunto de componentes inter-relacionados que recolhem (*input*), manipulam (processamento), armazenam e disseminam dados e informações (*output*) e fornecem um mecanismo de *feedback* para atender a um objetivo. Os componentes de um SI são as pessoas, os processos e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) (O'Brien, 2000 & Zwass, 1998, as cited in (Anunciação & Esteves, 2013)). Zorrinho (1995), afirma que se por um lado o SI tem como função reduzir a incerteza e apoiar a decisão, por outro cria representações que capacitam a empresa para alcançar os seus objetivos, criando relações entre a tecnologia e a estratégia definida para a organização, recorrendo às TIC para melhorar e acelerar processos bem como para conceber a própria organização. É o mecanismo de *feedback* que ajuda as organizações a alcançar os seus objetivos, bem como melhorar o atendimento ao cliente (Estrela, 2014) e podem usar os SI para aumentar as receitas e reduzir custos, sendo os seus principais benefícios: velocidade; precisão; e custos reduzidos.

Embora se entenda um SI como um conceito abrangente, deve atender-se à grande diversidade dos sistemas existentes, considerando as necessidades particulares de cada uma delas na aplicação às necessidades organizações, o que segundo O'Brien (2004, as cited in (Claro, 2013)) os três principais papéis dos SI envolvem o apoio às operações, à tomada de decisão e à vantagem estratégica.

Para os SI, mais importante do que construir grandes conjuntos superpostos é o interesse em elaborar fluxos de informação que sejam indispensáveis nas tomadas de decisão. Deste modo, os dados adicionam valor, uma vez que ao serem modificados em informação, vão adicionar sabedoria acerca de qualquer acontecimento, diminuindo o grau de incerteza na ação ou decisão (Rocha, 2003).

É importante que em todos os momentos durante o desenvolvimento de um SI, exista um total

conhecimento da informação na qual se está a trabalhar, pois esse conhecimento permite, que a direção tomada vá ao encontro das necessidades das organizações e da informação que estas detêm, auxiliando assim no processo de tomada de decisão e na resolução de problemas, de acordo com Amaral (1997). Surge então associado a esta tomada de decisão e análise de dados espaciais os SI Geográfica (SIG), que difere dos SI, tem uma especificidade que deve ser entendida, a informação georreferenciada, que está associada à localização do espaço geográfico definido por um conjunto de pares de coordenadas de posicionamento (Matias, 2001, as cited in (Barreto, 2019)).

1.3.3. Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Para Julião (1990), “a informação geográfica não significa somente as informações da cartografia, mas todas as informações que podem ser analisadas através da espacialidade tanto quantitativa quanto qualitativa e que possa ser georreferenciada e que vai representar 80 a 90 % do universo da informação existente”. Pode se definir SIG como um sistema de apoio à decisão, constituído por *hardware*, *software* e procedimentos, de forma a suportar a captura, gestão, alteração, análise, modelação e visualização da informação geográfica. Um SIG pode ser alimentado por informações de diversas fontes, através de tecnologias, como a digitalização dos mapas, captação de sensores remotos, levantamento de campos de infraestruturas e outros aspetos (Rodrigues, 1990, as cited in (Oliveira, 2015)).

A *Environmental Systems Research Institute* afirmou que os SIG eram ferramentas tecnológicas utilizadas para compreender geografia e tomar decisões inteligentes, organizando os dados geográficos para que uma pessoa os pudesse ler e seleccionar os necessários para executar uma determinada tarefa (Gonçalves, 2020).

Michael Goodchild, (1992, as cited in (Oliveira, 2015)) escreveu que a ciência da informação geográfica estuda os temas fundamentais decorrentes da criação, manuseamento, armazenamento e uso da informação geográfica. Segundo Oliveira (2015) os conteúdos da ciência da informação geográfica compreendiam:

- Levantamento e recolha de dados;
- Armazenamento de dados;
- Visualização;
- Estruturas de dados, algoritmos e processos;
- Ferramentas analíticas;
- Estatística Espacial;
- Modelação de dados e teorias sobre os dados espaciais;

- Aspectos institucionais, administrativos e éticos.

“A Ciência da Informação Geográfica é o campo de pesquisa que procura redefinir os conceitos geográficos e o seu uso no contexto dos SIG. Inclui ainda a análise dos impactos dos SIG nos indivíduos e na sociedade, bem como a influência da sociedade no SIG” (Oliveira, 2015). Assim, possibilitam uma maior eficácia e eficiência no tratamento de informação, relativa a determinado fenómeno localizado sobre o espaço geográfico.

Segundo Oliveira (2014), os SIG ajudam as EG a organizarem os processos de tomada de decisão a partir da representação das informações disponibilizadas em mapas geográficos. Para Costa (2012, as cited in (Macedo, Mendes, & Costa, 2018)) um SIG podem ser utilizados como uma ferramenta essencial no armazenamento dos dados e, na análise de risco, distribuição de fenómenos e de planeamento espacial. Os SIG são capazes de armazenar em BD e processar informação geográfica, que por sua vez melhoram a eficiência e efetividade do tratamento da informação e eventos geográficos, sendo utilizados também em operações de análise espacial e automatização no processo de produção de mapas.

Desta forma, o SIG é uma das ferramentas de apoio à gestão mais relevantes, auxiliando o processo de tratamento das BD que incluem informação espacial, de tecnologias informáticas capazes de gerir e analisar diversas informações. Os dados georreferenciados são essencialmente caracterizados a partir de três componentes fundamentais (Ferreira, et al., 2019):

- Componente não espacial: é descrito o fenómeno em estudo (nome e tipo da variável);
- Componente espacial: dá informações acerca da localização espacial do fenómeno, ou seja, a georreferenciação associada a propriedades geométricas e topológicas;
- Componente temporal: identifica o tempo para o qual os dados são considerados, isto é, quando foram recolhidos e qual a sua validade.

Do ponto de vista de Santos (2016), os SIG são sistemas idênticos a folhas de cálculo ou a um *software* de processamento de texto, na medida que proporcionam uma estrutura modelo para recolha, comparação e análise de dados espaciais. Segundo Barreto (2019) a arquitetura mostra mecanismos de processamento de dados, como a entrada e integração dos dados, consulta e análise espacial. Tendo em conta que o desenvolvimento deste trabalho de projeto surge da continuação do projeto de investigação DECIde já finalizado, foi essencial compreender as dimensões das organizações, dos SI e TI, através de uma análise à componente arquitetural do DECIde de forma a apresentar uma solução adequada, exequível e integrável.

1.4. Arquitetura de Sistemas de informação (ASI)

Com o crescente em tamanho e complexidade na implementação de SI é necessário usar algum construtor lógico (arquitetura) para definir e controlar as interfaces e a integração de todas as componentes do sistema. “A visão de qualquer arquitetura é justificada pela necessidade de representar o todo (a informação e/ou a tecnologia de suporte) podendo assim através do desenvolvimento da arquitetura global representar o todo, as partes e os seus inter-relacionamentos” (Rascão, 2001). Por sua vez, o objetivo de uma arquitetura é demonstrar como os componentes de uma realidade se interligam.

Segundo Garlan. et al. (1995, as cited in (Vasconcelos, et al., 2002)), a Arquitetura dos Sistemas de Informação (ASI) representa a estrutura dos componentes de um sistema, as suas relações, princípios e directrizes que conduzem o seu desenho e evolução ao longo do tempo. *Zachman* (1997) apresenta uma definição semelhante: “a ASI é o conjunto de representações necessárias à descrição de um Sistema (ou conjunto de sistemas) com vista à sua construção, manutenção ou evolução”. Desta forma, *Zachman* (1997) considera que o papel da arquitetura é crucial, não só, na construção do SI, bem com ao longo de todo o período de vida organizacional, tratando-se de um conjunto de representações necessárias para a construção, manutenção e evolução (Hermans, 2015).

Por consequência, o papel da arquitetura é crucial não só na construção do SI como também fornece às organizações uma definição de arquitetura global para todas as áreas dos SI que servirá como referência de base para a sua evolução, tendo em conta os seguintes níveis arquiteturais constituintes (Crespo & Santos, 2015):

- Arquitetura de Negócio: conjunto de elementos organizacionais que contêm os objetivos estratégicos, processos e planos que definem um negócio e que orientam para quais as atividades a executar e decisões a tomar;
- Arquitetura de Serviços: estrutura e padroniza os serviços e os processos que constituem o modelo de negócio de uma organização, ao nível dos SI e TI;
- Arquitetura de Informação: fornece uma descrição estruturada dos ativos de informação da organização e a sua relação com os processos, gestão e sistemas de TI;
- Arquitetura dos Dados. Este nível representa os principais tipos de dados que suportam o negócio;
- Arquitetura dos Processos: serve de base para a medição e mudança dos processos importantes da organização, bem como as relações e alinhamento dos mesmos;
- Arquitetura das Aplicações. A arquitetura de aplicações define aplicações necessárias para a gestão de dados e apoio ao negócio;

- **Arquitetura Tecnológica.** Esta arquitetura representa as principais tecnologias utilizadas na implementação de aplicações e as infraestruturas que proporcionam um ambiente para a implementação do SI

Cada um destes níveis representa um pilar da ASI, se faltar um deles o modelo deixa de ficar harmonizado. Desta forma, a ASI aborda a representação da estrutura de componentes dos SI, as suas relações, princípios e diretivas, como mecanismo de apoio às organizações (Maes et al., 2000, as cited in (Vasconcelos, et al., 2002)). A ASI permite às organizações construir visões lógicas de alto nível que permitam a integração de toda a informação da organização, de modo a eliminar redundâncias, desfasamentos temporais e informação diferenciada sobre o mesmo facto (Rascão, 2001). Por consequência, vai ser necessário que existam diferentes aspetos que abordem a visão global da organização, de forma a estabelecer uma ordem e a aproveitar as sinergias entre os diversos níveis arquiteturais.

Espera-se que uma ASI apresente os seguintes fatores (Amaral, 1994):

- **Orientada para o negócio:** basear-se nas condutas e objetivos estratégicos da organização, bem como as necessidades de informação relevantes para o negócio. Outro aspeto a ter em consideração é o facto de que deve ter em conta todos os recursos disponíveis, de modo a traduzir a realidade da organização;
- **Acessível e de fácil compreensão:** deve ser construída com base em conceitos compreendidos entre os envolvidos, de forma a obter um *feedback* por parte de todos os elementos da organização, tanto na implementação, como na manutenção da arquitetura;
- **Flexível:** a arquitetura deve permitir alterações, sem alterar muito a ideologia da arquitetura, componentes e processos iniciais. estabelecer um conjunto de standards, e encorajar a utilização dos mesmos, por forma a garantir a compatibilidade entre todos os componentes e as tecnologias a utilizar;
- **Manuseável:** deve permitir a integração, testes e manutenção dos sistemas, de forma a suportar a gestão do processo de implementação.

No entanto, a definição de uma ASI, per si, não fornece quaisquer garantias de alinhamento entre o negócio e a tecnologia. De acordo com Vasconcelos et al. (2002) uma boa ASI, por seu lado, deve ser construída por forma a ter intrinsecamente os requisitos, exigências e dependências do modelo de negócio e, assim, contribuir decisivamente para o alinhamento organizacional. Tendo em conta estes aspetos, verifica-se o recurso a *frameworks* de referência como a Matriz de *Zachman*, de *The Open Group Architectural Framework* (TOGAF), entre

outras, que permitem organizar, uniformizar, acelerar, integrar, facilitar e diminuir a complexidade que as entidades apresentem e facilitar a elaboração dum modelo de arquitetura adaptado à realidade dos SI da organização.

Segundo TOGAF (2001, as cited in (Vasconcelos, et al., 2002)), uma boa ASI permite obter uma boa retrospectiva entre a inovação e eficiência tecnológica e as exigências, necessidades do negócio e a questão do alinhamento com os SI. Nas fases de processo de desenvolvimento do SI, aplica-se um conjunto de princípios com o objetivo de organizar o processo de identificação das componentes da ASI, de forma a reduzir hipóteses pouco favoráveis e introduzir técnicas baseadas nas melhores práticas de análise e desenho. Desta forma, uma boa ASI reduz os riscos de negócio associados na construção de uma solução técnica, uma vez que se deve considerar os efeitos no desenho e análise, bem como as principais forças (maturidade, tendências futuras, entre outras) que modelizam atualmente as decisões arquiteturais e os principais processos (Anunciação & Esteves, 2013).

Sistemas complexos requerem uma análise e desenho mais detalhado, logo os estados estão englobados nas etapas dos processos, independentemente do número de estados que um *workflow* apresente. Um *workflow* é composto por um conjunto de fatores que se vão interligar para definir um processo, auxilia os fluxos de informação e execução de processos nas organizações (Hermans, 2015).

Existem diversos métodos e técnicas de representação e análise de *software* (diagramas Entidade Relação-ER, Diagrama de Modelo de BD, Diagrama UML, entre outros), no qual vão apresentar detalhes internos dos sistemas e dos processos de negócio da organização. A necessidade de modelar os processos leva ao desenvolvimento da gestão dos *workflows*, visto que no planeamento dos dados, requerem abordagens estratégicas na arquitetura e no desenho e análise das estruturas da informação, logo as organizações devem equilibrar os seus objetivos à medida que executam as suas estratégias (Anunciação & Esteves, 2013).

Um referencial vai fornecer uma estrutura para uma ASI, uma vez que se trata de um problema genérico e um vocabulário comum, permitindo às pessoas resolverem um problema específico e podem ser aproveitados para fornecer, pelo menos, um conjunto inicial de questões e preocupações que devem ser abordadas. De acordo com Amaral (1994) um referencial apresenta os seguintes níveis: Conceptual (entidades conceptuais de informação de negócio); Lógico (mapeamento das entidades de informação para aplicações e repositórios); Físico (infraestruturas físicas de dados); e Governação (políticas de governação de propriedade e acessos, princípios e *standards*).

O referencial e a modelação dos sistemas podem ser considerados ferramentas de auxílio na

criação de modelos, permitindo a melhoria continua dos SI e ASI para determinada realidade.

1.4.1 Modelação de Sistemas

Como normalmente os sistemas necessitam de dados para que se possa proceder à sua execução e transformação, vai passar a existir por parte das entidades, a necessidade de utilizarem ferramentas de modelação que desempenhem também o papel gestão dos dados. De acordo com Silva (2001), um modelo é sempre uma interpretação simplificada da realidade. Desde sempre que a ciência em geral procura representar “a realidade” através de modelos mais ou menos corretos, mais ou menos abrangentes, mais ou menos detalhados, sendo preferível ter um mau modelo que nenhum modelo na descrição de qualquer sistema (Valentim, 2008).

Um modelo de dados inicia-se de uma forma próxima ao negócio (conceptual), vai-se aproximando, com o decorrer do projeto, da forma mais tecnológica (físico) e pode ser representado na sua forma conceptual, através do modelo ER, permite uma comunicação mais acessível e serve como um plano para dar forma às estruturas propostas no mundo real. Desta forma, um modelo de dados assume um papel muito importante na compreensão de um SI.

Segundo Valacich, George & Hoffer (2015), as organizações utilizam um conjunto de passos *standard*, denominados por metodologia de desenvolvimento de sistemas, para desenvolver e apoiar os seus SI. Tal como muitos processos, o desenvolvimento de SI normalmente segue um ciclo de vida. Durante o ciclo de desenvolvimento de um SI, os modelos de dados passam por três níveis distintos (Valentim, 2008):

- Modelo conceptual de dados: onde os objetos e as suas características e relações têm uma representação real do domínio da aplicação;
- Modelo lógico de dados: os objetos e as suas características e relações têm uma representação de acordo com as regras de implementação e limitações impostas por algum tipo de tecnologia, como por exemplo o modelo relacional e o modelo orientado a objetos;
- Modelo físico de dados: a representação dos objetos é feita de acordo com o armazenamento físico dos dados e com a implementação física das ocorrências das entidades e suas relações, em que o conhecimento do modo físico de implementação das estruturas de dados passa a ser um ponto básico para o domínio deste tipo de modelo, que varia consoante o modo de implementação física das características e recursos necessários para o armazenamento e manipulação das estruturas de dados.

O ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas é um conceito presente no desenvolvimento de sistemas em muitas organizações, na qual marca as fases e passos do desenvolvimento de um

SI eficiente (Valacich, Hoffer, & George, 2015). O ciclo de vida de desenvolvimento está dividido em seis fases, desde a análise dos requisitos até a manutenção (análise, desenho, codificação, teste, implementação, manutenção). Por sua vez, o ciclo de vida de desenvolvimento de SI deve ser estruturado, garantindo o alinhamento com o negócio.

Depois de aprofundado o processo atual, importa agora definir a informação que o novo sistema deve conter e prosseguir com o seu desenvolvimento. Desta forma, a análise e desenho de sistemas é essencial, uma vez que ajuda as organizações a utilizar a informação na sua capacidade máxima (Valacich, Hoffer, & George, 2015).

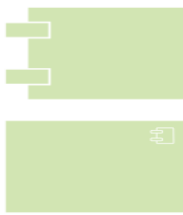
A análise de sistemas requer um conjunto de atividades (análise do problema, descrição do sistema, avaliação da descrição do sistema), recorrendo à especificação dos requisitos e a uma modelação do sistema que permita uma representação adequada da realidade do sistema pretendido (Hoffer, George, & Valacich, 1998). Na fase do desenho processo sintetiza-se e reutiliza-se os componentes e funções identificadas durante a análise, tendo como objetivo de especificar os componentes e as funções de um novo sistema que seja mais eficiente e eficaz na prossecução das necessidades de informação da organização (Anunciação & Esteves, 2013). Tendo em conta os pontos apresentados nestas duas fases do ciclo de vida de desenvolvimento de SI, a modelação forma uma ponte entre problema e solução, através do apoio na interpretação e compreensão da situação existente e exploração de novos potenciais de solução (Valacich, Hoffer, & George, 2015).

A modelação de um SI pode ser dividida em (Whitten, Bentley, & Dittman, 2001): Modelação dos dados (técnica para a organização e documentação dos dados de um sistema); Modelação de processos (técnica para a organização e documentação da estrutura e fluxo de dados através dos processos do sistema). De acordo com o *Data Management Body of Knowledge* (DMBOK) (2017), a modelação de conteúdo é um processo de conversão dos conceitos lógicos em tipos de conteúdo, atributos e tipos de dados com relacionamentos. Um atributo descreve algo específico e distinguível sobre o conteúdo a que se relaciona. Um tipo de dado restringe o tipo de dados que o atributo pode deter, permitindo validar e processar.

As técnicas de gestão dos metadados e da modelação de dados permitem o desenvolvimento de um modelo e diferentes diagramas, com auxílio de uma linguagem de modelação compreensível e adaptável a cada organização (DAMA-DMBOK, 2017). O modelo de Entidade-Relação (ER) é uma ferramenta importante para o desenho de BD de linguagem simples, mas ao mesmo tempo poderosa, no entanto sendo suficiente para o desenho da maioria dos sistemas de BD, apresenta algumas limitações quando utilizada no desenho de sistemas mais complexos.

Surgem, assim, as linguagens como o *Unified Modeling language* (UML), entre outras, que incorporadas em ferramentas, designadas por ferramentas *Computer Aided Software Engineering*, em que facilitam a geração dos modelos de dados com o máximo de automatismos e rigor, desde análise de requisitos e modelação de dados até programação e testes. De acordo com Vasconcelos et al. (2004) a UML baseia-se em conceitos orientados à integração, tais como Bloco SI, que representam um repositório de mecanismos e operações para manipulação dos dados, sendo extensível e adaptável, no caso de aparecer novos obstáculos. Suportam conteúdo adaptativos, livres de formatos e independentes do dispositivo e fornecem uma sintaxe precisa, embora a sua semântica e os paradigmas na sua utilização levem a diversos pontos de vista, logo a fim de definir uma abordagem específica de modelação baseada em UML, estes pontos de vista devem ser especificados (Francisco, 2011).

De acordo com Silva (2015) a UML possui treze modelos gráficos que estão divididos em duas categorias, os diagramas de aplicações estáticas que representam a estrutura e os diagramas de comportamentos. No âmbito de realização deste projeto o foco será na categoria de diagramas de estrutura da UML que inclui o diagrama de classes e o diagrama de componentes. Na UML (2011), o diagrama de componentes vai se representar visualmente, como os componentes de um sistema de *software* se relacionam, sendo assim, utilizou-se um *template* com as formas de diagramas de componentes personalizada, logo mapeou-se/delineou-se os elementos do diagrama de acordo com a Tabela 1

Elementos	Nome	Descrição
	Componente	Entidade necessária para executar uma função de estereótipo. O componente fornece e consome comportamento em interfaces ou por meio de outros componentes. Um componente pode corresponder: a um subsistema; a um elemento com características e funcionalidade próprias que possa ser adicionado ao nosso sistema; e qualquer outra porção reutilizável de um sistema. É o elemento estrutural básico de <i>software</i> concebidos segundo a orientação a componentes. Existem três maneiras comuns de criar a componente. É sempre necessário incluir o texto do componente entre aspas angulares e/ou o logotipo do componente. Essa diferença é importante, pois o retângulo com apenas um nome dentro representa classificadores (elementos de classe) (Silva, 2015).

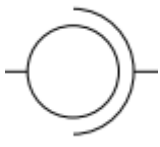
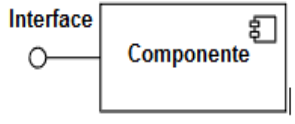
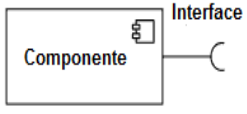
Elementos	Nome	Descrição
	Relação	Representa um serviço realizado por uma componente, não apresentando especificações e implementações. Se uma componente implementa uma interface, este relaciona-se com ela através de uma dependência (Luján-Mora & Trujillo, 2006).
	Portas	As interfaces são úteis para declarar o comportamento geral de um componente, através de portas. Especifica um ponto de interação separado entre o componente e o ambiente. O símbolo da porta é um pequeno quadrado (Silva, 2015).
	Interface Fornecida	Designa uma interface que o componente possui e dispõe para os outros componentes. Isto significa que o componente só pode ser consultado através da interface fornecida (Luján-Mora & Trujillo, 2006).
	Interface Esperada	Define-se como uma interface necessária, para que exista a comunicação entre componentes. Esta interface vai ser conectada, na fornecida por outro sistema (Luján-Mora & Trujillo, 2006).
	Dependência	Símbolo de realização/dependência (garantia de execução e conector de montagem) entre as diferentes componentes e a interface. Uma componente pode utilizar serviços ou depender de alguma outra forma de outros componentes do sistema (Silva, 2015).

Tabela 1 Elementos do Diagrama de Componentes

Para combinar o diagrama de componentes com arquitetura, é necessário desenvolver diferentes modelos de metadados (Hay, 2011). O diagrama de classe permite fazer uma representação abstrata dos objetos do futuro sistema que irão interagir em conjunto com o diagrama de componentes, na qual apresenta a estrutura e as relações entre as classes, elementos e operações importantes para esse sistema.

Existem os seguintes tipos de relações, que expressam diferentes semânticas de interligação entre classes: associação (relação que permite especificar que objetos de uma dada classe se relacionam com objetos de outra classe); generalização (relação que permite representar a noção de subdivisão e especificidade em conjuntos de objetos); e relação de dependência (existe

uma relação de dependência quando uma alteração na especificação de uma classe origina uma alteração na especificação de outra classe).

Desta forma, com estes dois diagramas consegue-se desenvolver um *mockup* da solução final, com base na informação delineada para o sistema, BD e modelação (ciclo de vida do desenvolvimento).

1.5 Protótipo e Mockup

A natureza do SI leva a necessidade de um ciclo de desenvolvimento mais longo e com tarefas sistemáticas, tais como desenho da solução, produção de protótipos e testes (Hay, 2011). De acordo com Netto (2006), propõe que o desenvolvimento de um protótipo seja uma das etapas fundamentais no ciclo de vida do desenvolvimento de sistemas, uma vez que pode auxiliar na fase de construção, desenvolvimento e finalização do projeto, fornecendo o *feedback* necessário para a construção de uma interface final (*mockup*).

O protótipo é feito através de *wireframes* em papel, de forma que as alterações necessárias sejam feitas e testadas rapidamente (Ramos, 2018). O objetivo de testar protótipos é verificar se existem falhas, observar se a arquitetura do produto é eficaz e confirmar as interações possíveis do utilizador. Os protótipos são utilizados para simular o comportamento do utilizador, com a finalidade de demonstrar ao utilizador todas as funções planeadas na solução (Hartson & Pyla, 2012).

Os diferentes protótipos podem ser aplicados ao mesmo, de forma a avaliar os aspetos diferentes da *interface* e fornecer informações essenciais para o desenvolvimento do projeto. Quando o resultado for satisfatório o produto final pode ser lançado e posto em ação, caso contrário tem que se repetir todo o processo até que o resultado seja positivo.

De acordo com Hay (Hay, 2011) deve-se compreender que cada projeto de construção de interfaces apresenta suas particularidades, por sua vez durante o processo de *design* da *interface* a ordem de ocorrência das atividades pode não ser sequencial e as suas repetições só poderão ser determinadas no decorrer do projeto. Desta forma, utiliza-se as *wireframes* e os *mockups* na compreensão e determinação da estrutura do sistema e testar a sua funcionalidade, enquadrando-se na etapa de testes e implementação de uma *interface* no ciclo de vida de desenvolvimento da solução.

Ao desenvolver um *mockup* no ciclo de vida de desenvolvimento, pode definir a disposição dos elementos de *interface*. Além disso, também pode criar fios condutores para simular uma interface dinâmica, verificar e otimizar a estrutura lógica, funcionalidade e comportamento esperado do utilizador.

É com base nos *mockups* que todos os envolvidos na implementação vão ter uma noção dos elementos que compõem as interfaces, bem como saber o que precisa de ser realizado, desta forma é possível identificar as falhas na informação, nas funcionalidades e no *layout*.

Segundo Oliveira (2018) os *mockups* consistem na apresentação dos *layouts* idealizados anteriormente, nos *wireframes*, tornando-se assim elementos mais complexos. Permite que as entidades envolvidas no desenvolvimento da solução realizem simulações e também consegue-se verificar os campos associados a cada tipo de função a desempenhar pelos utilizadores (Oliveira, 2018).

Para Holmquist (2005) *mockup* seria um *generator*, ou seja, um gerador de ideias e de visualização para o processo de design, desta forma vão ser a representação do *layout* final com os requisitos e dados retirados do processo de análise. Apresentando uma função exploratória e experimental, vai se conseguir delinear, testar e avaliar quais os campos importantes para o *mockup* do subsistema IVI (Ramos, 2018).

Desta forma, para desenvolver uma *interface* final acessível e adaptável a qualquer ferramenta, utiliza-se o *mockup*, uma vez que é feito de forma a se assemelhar ao *software* final, sendo normalmente construído na linguagem de desenvolvimento ou em uma ferramenta com resultados similares.

2 Estratégia Metodológica

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a abordagem metodológica de investigação que foi adotada para a realização deste projeto. O desenvolvimento de um subsistema de apoio ao processo de reabilitação, será obtido através da utilização de uma metodologia enquadrando o projeto como trabalho científico e abordar passo a passo a investigação com base nas abordagens metodológicas escolhidas.

Para alcançar este objetivo, deve ser escolhido um método que se adeque à problemática do projeto, uma vez que vai refletir a escolha a seguir no desenvolvimento da solução.

2.1 Abordagem metodológica

Voltando à pergunta de partida do projeto “Como aproveitar melhor os recursos/infraestruturas, a rede de distribuição e reabilitação das mesmas, face às problemáticas e pontos de vistas das Entidades Gestoras (EG)?”, e tendo em conta que as EG necessitam de dar respostas e disponibilizar os serviços, de acordo com a legislação em vigor (Decreto Lei n.º 194/2009 de 20 de Agosto do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2009), analisou-se e investigou-se os seguintes pontos chave:

- Qual a importância da abordagem do Índice de Valor Infraestrutural (IVI) virada para o serviço nas soluções já existentes, bem como os seus benefícios;
- Quais os requisitos que os diferentes artigos apresentam relativamente ao IVI?;
- Qual a melhor forma de relacionar o IVI com as soluções existentes na Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água (DECIdE)?;
- Que tipo de alterações vão ser estabelecidas no sistema atual e quais as suas implicações?.

Prodanov & Freitas (2013, as cited in (Gonçalves, 2020)) referem que o método é considerado um procedimento ou caminho para atingir determinado fim, ou seja os métodos de investigação estão assentes num conjunto de meios que permitem realizar a investigação, que por vez pretendem atingir o conhecimento. Os métodos de investigação podem classificar-se segundo várias perspetivas e convém reconhecer que uma lógica de investigação deve de ser identificada como instrumento da prática profissional.

Por consequência, cada investigação vai depender dos seus objetivos individuais, na qual podem ser utilizadas ambas abordagens metodológicas, complementando-se entre si (Serrano, 2004). A metodologia ou abordagem metodológica, segundo Sarmento (2013, as cited in (Gonçalves, 2020)), refere-se “ao processo ou método para atingir um fim”. Como acrescenta Fortin (2005, as cited in (Gonçalves, 2020)), a metodologia “pressupõe ao mesmo tempo um

processo racional e um conjunto de técnicas ou de meios que permitem realizar a investigação”, ou seja, a metodologia escolhida vai determinar o método, técnicas e meios empregues na investigação.

É utilizado um reconhecimento de que as entidades envolvidas, podem solicitar informações sobre o que querem, como querem e quando querem. De forma a potenciar o estudo das pessoas/dados e da sua integração nos diferentes meios empresariais, surgiu o conceito de métodos qualitativos, na investigação das ciências sociais (Myers 1997, as cited in (Lincoln & Denzin, 2006)), em que todos os dados obtidos neste tipo de metodologia são predominantemente descritivos (Serrano, 2004).

O trabalho foi realizado tendo por base uma abordagem metodológica qualitativa, que segundo Vilelas (2009, as cited in, (Gonçalves, 2020)) apontam mais para uma compreensão da realidade como fruto de um processo histórico de construção visto a partir da lógica e do sentir dos seus protagonistas e tem como objetivo, alcançar um entendimento mais profundo e subjetivo do objeto de estudo, sem se preocupar com medições e análises estatísticas”. Esta abordagem está sujeita a muitos fatores como: a natureza dos dados recolhidos, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos da investigação.

De acordo com Fortin (1999), as principais metodologias de recolha de informação passam por medidas objetivas (anatômicas, fisiológicas, mecânicas), e por medidas subjetivas, tais como as observações, as entrevistas e os questionários. Na recolha e análise dos dados, a metodologia quantitativa lida com números e estatísticas, enquanto que a qualitativa com palavras e significados. Desta forma, deve-se desde logo reconhecer a natureza do objeto e dos problemas a investigar, com vista a adotar a melhor abordagem metodológica e um conjunto de diversas técnicas de investigação a seguir, tendo em conta o modelo atual do sistema.

2.2 Técnicas de metodologia de investigação

A escolha do método a adotar é baseada no tipo de dados em estudo e nas condições de utilização que se pretende, permite ainda desenvolver um ou mais métodos de pesquisa e aplicá-lo, de forma a obter-se a informação que se deseja. De acordo com Fortin (1999), os instrumentos de recolha de informação utilizados nesta investigação passaram, essencialmente pela pesquisa bibliográfica, análise da documentação fornecida e reuniões diretas. Todas as técnicas são válidas, sendo que a importância que cada uma assume nas metodologias da investigação é verificada assim que o investigador determina qual o método mais indicado para retirar resultados no seu estudo.

Tal opção é previamente tomada, mediante o conhecimento dos objetivos que pretende atingir,

dos recursos que estão ao seu alcance e do tempo que dispõe (Venkatesh, Brown, & Sullivan, 2016). A abordagem metodológica necessita de uma complementaridade, para poder demonstrar a solução, logo têm de ser analisado com auxílio a diferentes técnicas para demonstrar o significado em relação às questões da investigação. O método de análise difere para cada tipo de dados e entidades, logo verifica-se as seguintes técnicas de investigação em SI (Macedo, Zacarias, & Tribolet, 2020):

- Observação estruturada: pode ser conjugada com outras técnicas ou usada de forma exclusiva, havendo recurso a uma grelha de observação, onde se efetua o registo sistemático dos dados e sua contagem. O investigador desempenha o papel de observador ativo dos fenómenos e facilita a análise dos dados recolhidos;
- Entrevista estruturadas: composta por questões previamente formuladas e colocadas a participantes. As questões são colocadas pela mesma ordem, com uma gama limitada de categorias de resposta, permitindo classificar e quantificar os dados recolhidos;
- Estudos de Mercado (*Survey*): Recolhe dados através de questionários e/ou entrevistas sobre o fenómeno em estudo e a análise dos dados permite inferir sobre fenómenos do mundo real;
- Testes: técnica que facilita a individualização dos resultados. Sobretudo do ponto de vista da avaliação dos sujeitos ou elementos. A estes são apresentados testes de que faz parte uma série de questões que pretendem avaliar diferenças individuais;
- Questionários/Inquéritos: a recolha de dados é constituída por questões ou afirmações com o objetivo de ter conhecimento sobre opiniões, interesses, expectativas, entre outros. Segundo Elizabeth Oliveira e Pedro Ferreira (2014), o “inquérito deve ser entendido como uma forma de questionar os envolvidos dos acontecimentos ou factos em estudo”. Pode ser composto por questões de resposta fechada ou em forma de escala.

Estas técnicas de investigação podem ser utilizadas para estabelecer factos sobre um determinado tópico, no qual incluem experiências, observações registadas como números e inquéritos com perguntas fechadas. Como já foi observado anteriormente, o objetivo principal da abordagem qualitativa é o de compreender de uma forma global as situações, as experiências e os significados das ações e das perceções dos sujeitos através da sua explicação e descrição (Bogdan & Biklen, 2013).

As diferentes naturezas da pesquisa efetuada, a procura de diferentes documentos no suporte à revisão bibliográfica e documentos de contextualização do problema em análise, derivam da necessidade de, conforme defende Vilelas (2006, as cited in, (Gonçalves, 2020)), inserir e

averiguar a dimensão dos factos principais ocorridos na organização e que necessitam de ser analisados para compreensão dos desafios presentes. Desta forma, as metodologias qualitativas organizam-se em dois grupos de intervenção, constituídos por Técnicas interativas (Observação participativa, Entrevista etnográfica), no qual vão envolver a interação pessoal entre o investigador e os participantes; e Técnicas não interativas (Análise documental, Observação não participativa) onde poderá não existir o contacto presencial entre investigador e participante (Freixo, 2010).

A partir deste pressuposto ocorre, ainda, outra reflexão que importa explicitar. Ao afirmar que os dados, neste tipo de investigação, são produzidos e interpretados pelo investigador supõem-se, que é possível, que eles apresentem mais uma perspetiva pessoal. Desta forma cada metodologia qualitativa apresenta as seguintes técnicas (Freixo, 2010):

- **Observação Participante:** o investigador interage com os participantes, seja numa comunidade, ou numa determinada situação. Ao contrário da ‘Observação estruturada’ (do método quantitativo), não existem grelhas e tabelas preconcebidas, ou seja, os dados são recolhidos através de trabalho de campo (descrições objetivas/descrições subjetivas) mais direcionados a reflexões e preocupações do investigador;
- **Entrevista semiestruturadas:** as questões não seguem uma certa sequência definida previamente e desenvolve-se a partir da interação do investigador com os sujeitos, desencadeando-se novas questões a partir das respostas dadas;
- **Análise documental:** consiste numa técnica não interativa, na qual se baseia, na análise de documentos e registos passados, sem que para tal seja estritamente necessário estar presencialmente com os sujeitos (relatórios, livros, entre outros);
- **Observação semiestruturada:** onde não existe interação com os sujeitos, e envolve apenas a observação e o registo dos fenómenos sem haver qualquer tipo de envolvimento entre o investigador e as pessoas. Em certos casos e em determinadas investigações poderá ser preferível esta abordagem mais distanciada, permitindo uma primeira aproximação sobre os acontecimentos que se querem observar;
- **Recolha de documentos:** Levantamento de obras publicadas por outros autores sobre a solução e temáticas. A recolha de documentos tem vindo a assumir um papel cada vez mais presente nas investigações, o que, segundo Saumure & Given (2008, as cited in, (Freixo, 2010)), resulta da maior acessibilidade aos documentos a qualquer altura.

A evolução das tecnologias veio dar corpo a diversas técnicas e metodologias que contribuem para uma superior eficácia na investigação, logo as técnicas deste tipo de metodologia não se

esgotam na análise e sistematização da informação. Por consequência, o trabalho apresenta diferentes questões, requisitos e soluções, desta forma decidiu-se abordar um processo estratégico, *Design Thinking*, para complementar a metodologia utilizada ao longo do trabalho.

2.3 *Design Thinking*

De acordo com a literatura existente, o conceito de *Design Thinking* apresenta diferentes princípios, abordagens e ferramentas inovadoras que auxiliam as metodologias na resolução de problemas. De acordo com Lockwood (2009), este tipo de abordagem de soluções inovadoras, proporciona uma definição mais detalhada, uma vez que estabelece processos de inovação voltado para as pessoas e enfatiza diferentes aspetos, tais como: a observação; colaboração; aprendizagem rápida; visualização de ideias; prototipagem de conceito rápido; e análise de negócios simultânea.

Esta abordagem inicialmente baseava-se em processos cognitivos, mas com o passar do tempo tornou-se numa abordagem eficaz, para qualquer processo de inovação, ligando a abordagem de design criativa ao pensamento tradicional do negócio, no planeamento e resolução de problemas (Lockwood, 2009). O *Design Thinking* dá ênfase à necessidade do utilizador e é acompanhado por um ambiente que promove novas ideias e incentiva a participação da equipa, tendo em conta a Figura 1.

Devido aos diferentes procedimentos utilizados na análise dos dados e dos documentos, segundo Alegre (2014), vai ser necessário uma interpretação muito cuidadosa dos resultados, de forma a ser possível comparar e analisar assertivamente, a condição patrimonial obtida com o modelo proposto e outras medidas relacionadas com o estado ou o desempenho.

As organizações que gerem diferentes tipos de infraestruturas, têm de tomar decisões críticas sobre quais as infraestruturas vitais, as que devem ser renovadas e quais as atividades de manutenção que devem ser realizadas, e em que altura. De um ponto de vista de implementação o *Design Thinking*, vai auxiliar no *engagement* das equipas, no desenvolvimento de projetos assertivos e com a finalidade de promover uma melhor relação custo-benefício dos produtos e serviços inovadores.

Desta forma, as etapas do *Design Thinking Framework* (Figura 1) encontram-se divididas da seguinte forma (Fidelizarte, 2019):

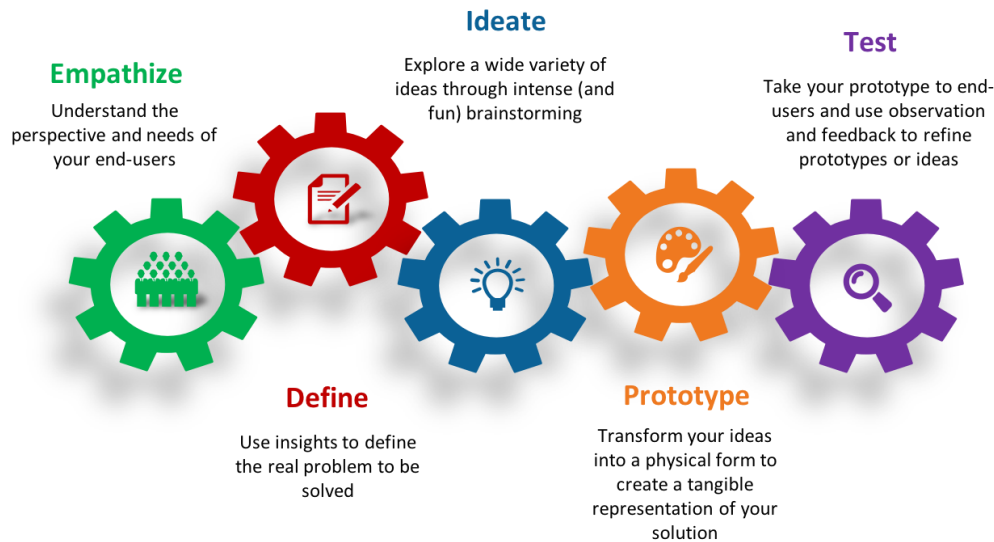


Figura 1 Design Thinking Framework

- **Imersão/Empatia:** Esta etapa do processo, começa com a compreensão da organização, da informação, de forma a criar uma imagem geral ao utilizador final do produto/serviço e as necessidades e expectativas que devem ter resposta. Depois de se compreender o contexto organizacional, é hora de definir qual o ponto principal do projeto;
- **Definição:** Esta etapa envolve a interpretação de todos os factos adquiridos ao longo da etapa de imersão/empatia. Depois de se rever toda a informação recolhida, será encontrado o problema principal. Este problema vai ser o desafio central da abordagem, sendo assim todo o processo de *Design Thinking* vai se centrar nas oportunidades de negócio e dos problemas do público-alvo;
- **Idealização:** Partindo do princípio que não existe uma solução geral, a ideia é englobar todas as soluções possíveis, com base nas necessidades apresentadas pelo utilizador. Com o problema definido, esta é a fase na qual devem ser encontradas soluções. Ao explorar novos ângulos, focando-se na quantidade de ideias, ao invés da qualidade delas, é mais simples chegar a soluções mais inovadoras;
- **Protótipo:** Esta etapa coloca as ideias em prática e transformá-las num produto ou serviço adequado. As informações, dados e ideias recolhidas até esta etapa transformam-se em iniciativas e ações oportunas para o negócio. Durante todas as etapas, vai ser importante focar no problema a ser resolvido, bem como os requisitos e ideias iniciais da equipa;
- **Testes:** A última fase é a fase de testes. Para se perceber se algo necessita de ser alterado, o produto deve ser testado, de modo a verificar a sua funcionalidade e qualidade. Com base no feedback, é possível realizar alterações e melhorias, antes de gastar recursos

desnecessários ao implementar uma solução que não é eficaz. Esta etapa do *Design Thinking* serve para melhorar as ideias e soluções, e para aprender mais sobre o utilizador.

O *Design Thinking* permite também agrupar diferentes elementos críticos, que vão servir de sistema *end-to-end* na resolução de problemas, adotando assim uma prática distinta, em termos de atitudes, ferramentas e abordagens. Orilkowski (2010) documentou que o *Design Thinking* proporciona um “motor” integrador, que reúne diferentes modos criativos e analíticos de raciocínio, acompanhados por um processo e conjunto de ferramentas e técnicas.

Carlgren, Elmquist & Rauth (2015), estudaram a implementação do *Design Thinking* através de um conjunto de empresas e exploraram-no em profundidade numa organização de prestação de cuidados de saúde, examinando a ligação entre a cultura organizacional e a implementação desta abordagem, encontrando assim evidências de melhorias de desempenho para além da inovação das soluções produzidas.

Ao melhorar a experiência do utilizador, o *Design Thinking* não só tem um impacto positivo nas relações com os clientes, como também auxilia na gestão dos projetos e das organizações. Adicionalmente, inclui a necessidade de tratar o problema, e não apenas a sua solução, como uma hipótese acabará por produzir soluções mais inovadoras e de valor acrescentado; e que o risco de falha de inovação será minimizado pela utilização dos processos de descoberta em fase de discussão inicial, de forma a atender as emoções dos utilizadores, bem como às suas necessidades funcionais (Carlgren, Rauth, & Elmquist, 2016). A abordagem centrada no utilizador ajuda as empresas a receber feedback contínuo e a alcançar os objetivos de negócio. Apresentado o *Design Thinking* e as suas vertentes, no seguinte tópico tentou-se enquadrá-la no trabalho de projeto, juntamente com a metodologia qualitativa.

2.4 Abordagem Utilizada no Trabalho

Tratando-se de um sector com um impacto económico grande e com áreas operacionais distintas, foi necessário abranger o estudo do abastecimento de água e da gestão infraestrutural, bem como a identificação da forma como as EG priorizam e avaliam o investimento infraestrutural. A aplicação de uma metodologia qualitativa obriga à realização de um conjunto de etapas, tais como: definição do propósito e orientação da investigação; recolha de dados; e análise e síntese (Oliveira & Ferreira, 2014).

Como o tema deste relatório (gestão das infraestruturas) é de natureza complexa, tentou-se obter ao máximo diferentes fontes de informação (análise documental do projeto, entrevistas já realizadas, manuais técnicos), de forma que a problemática inicial seja explorada de todos os

pontos de vistas (Macedo, Zacarias, & Tribolet, 2020). Adotou-se assim o tipo de metodologia qualitativa, na qual se vai conseguir explorar e analisar melhor a construção deste subsistema, através de um conjunto de técnicas de investigação (análise documental, reuniões, observações diretas e indiretas e recolha de documentos), permitindo uma melhor descrição geral das diferentes fases do trabalho, utilizando uma abordagem que seria igualmente aplicável a outros aspetos do DECIdE.

Inicialmente efetuou-se a análise dos documentos e informação disponibilizada pela equipa do DECIdE, bem como assuntos da temática de modo a compreender os vários conceitos associados à temática (Serviços de Abastecimento de Água-SAA, Zonas de Medição e de Controlo-ZMC, Índice de Valor Infraestrutural-IVI, entre outros) e ao DECIdE, de forma a compreender melhor os diferentes pontos de vista adotados no projeto de investigação do DECIdE (Ferreira & Antunes, 2020).

À medida que aumenta a complexidade da realidade em análise torna-se cada vez menos sustentável manter só esta metodologia, embora o texto descritivo seja sempre e em todas as linguagens e metodologias um instrumento necessário. A resposta tem aparecido através de ferramentas de apoio à análise que permitem apresentar soluções de forma sistémica e visual. Adicionalmente, à metodologia qualitativa estabelecida adotou-se a abordagem para a solução, denominada de *Design Thinking*, na qual permite avaliar ainda os resultados produzidos por uma prática composta por múltiplas e diversas etapas e ferramentas, e estabelecer resultados compreensíveis e acessíveis (Venkatesh, Brown, & Sullivan, 2016). Ao se utilizar o *Design Thinking* em conjunto com a metodologia qualitativa de investigação, permite o desenvolvimento de uma solução de subsistema de IVI, que se vai basear num conjunto de informação já abordada e documentada, bem como as diferentes perspetivas que se pode adotar. Para se conseguir cumprir essa integração, com a abordagem de *Design Thinking* delineou-se quais as diferentes alterações, as métricas aplicadas e quais os passos a serem realizados, tendo em conta os dados fornecidos pela equipa do DECIdE e por Alegre (2014). Os dados analisados nesta fase do trabalho foram os da EG protótipo criado pela equipa do DECIdE, denominada de EG teste, na qual apresenta dados fictícios com o propósito de teste/demonstração dos módulos e dados da plataforma.

Pode-se dividir o trabalho da seguinte forma, tendo em conta o *Design Thinking*:

- Numa primeira fase foi necessário compreender os dados fictícios da EG teste, pensar em todo o processo de conceção do modelo do ponto de vista do utilizador final, através de reuniões com a equipa do DECIdE, observação da reunião entre o membro da equipa do DECIdE e os representantes das EG (funcionamento do DECIdE) e o estudo já

realizado e documentado, com os dados relevantes para o subsistema;

- Na segunda fase com a análise de dados descobriu-se quais as componentes, atividades que vão ser necessárias para o subsistema, através de documentos internos e externos EG teste apresenta, analisou-se documentos inerentes ao cálculo do IVI (ERSAR);
- Em terceiro lugar, tendo compreendido e definido as necessidades e comportamentos do utilizador final, desenhou-se um modelo de referência para o DECIdE, subsistema e apresentou-se as perspetivas e dados necessários para o subsistema;
- Em quarto lugar, apresenta-se o *mockup* do modelo e sugestões para começar a ser aos poucos desenvolvidos e testados com alguns dos dados reais das entidades. Iterações constantes permite criar uma versão mais refinada da solução;
- Numa última fase refere-se quais os passos a se ter com a primeira *mockup* e sugestões, de forma a serem desenvolvidos e testados com as bases e informações do DECIdE, bem como a interligação da solução ao DECIdE.

No capítulo 3 Descrição das Atividades Desenvolvidas apresenta-se a descrição das atividades desenvolvidas no trabalho de projeto, na qual se aborda o projeto de investigação DECIdE já finalizado, as suas componentes, dados fictícios da EG Teste e processos, de forma a se conseguir desenvolver o modelo proposto e um *mockup*, tendo por base a abordagem utilizada (metodológica e *Design Thinking*).

3 Descrição das Atividades Desenvolvidas

Os municípios são os responsáveis pela gestão das infraestruturas no Serviço de Abastecimento de Água (SAA). Alguns destes municípios não têm tido a capacidade de gerir os seus ativos adequadamente e, na maioria dos casos, apresentam inúmeros problemas resultantes da deterioração das suas infraestruturas (e.g., elevadas perdas de água). Têm sido elaboradas várias estratégias e planos de salvaguarda, tendo em conta os detalhes e regras urbanísticas a seguir, face a estes problemas a reabilitação das infraestruturas é fundamental para o bom desempenho dos SAA das Entidades Gestoras (EG).

No presente capítulo, inicialmente apresenta-se uma descrição da Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água, denominado DECIdE, da arquitetura e de que forma é que a solução se vai enquadrar no modelo do DECIdE. Depois de se verificar a arquitetura, realizou-se uma análise dos dados fictícios da EG fictícia, desenvolvida pela equipa do DECIdE, de forma a calcular o IVI, delinear quais os *inputs* necessários para o subsistema e apresentar o modelo proposto, através do desenho de um *mockup*.

Todas as atividades desenvolvidas apresentam algumas limitações, o que condicionaram o desenvolvimento do trabalho de projeto em algumas instâncias.

3.1 Apresentação do Projeto

No âmbito do projeto de investigação DECIdE, coordenado pelo IPS e cofinanciado pelo Programa Operacional Regional de Lisboa e Programa Operacional Regional do Alentejo, na componente FEDER, e pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, teve como finalidade integrar os dados provenientes dos diferentes Sistemas de Informação (SI) das diferentes EG, com auxílio a algumas ferramentas de apoio à tomada de decisão (Ferreira, et al., 2019). As entidades envolvidas no projeto DECIdE, são as seguintes (Ferreira, et al., 2019):

- **Coordenador:** Instituto Politécnico de Setúbal (IPS);
- **Parceiros de Inovação e Desenvolvimento:** Instituto Superior Técnico (IST); Instituto Politécnico de Beja (IPB);
- **EG de Serviço Público de Abastecimento de Água:** Câmara Municipal (CM) do Barreiro; CM de Palmela; CM de Montemor-o-Novo; CM de Reguengos de Monsaraz; Infraquinta (Empresa de Infraestruturas da Quinta do Lago).

Os SI tornaram-se uma das ferramentas principais nas EG, visto que apoiam a tomada de decisões não só nos aspetos de utilizadores, como também nos diferentes processos infraestruturais. As EG envolvidas dispõem de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que permite uma disponibilização mais eficaz e organizada da informação, visto que existe uma

complexidade muito maior, associada às informações de abastecimento de água presentes nas Base de Dados (BD), com diferentes localizações geográficas. Esta perspetiva de relacionamento da informação tornou o SIG, numa ferramenta com um enorme potencial, tanto a nível operacional, como a nível de gestão dos sistemas de abastecimento de água e das infraestruturas (Ferreira, et al., 2019).

A plataforma permite uma fácil integração dos dados por parte da EG, possibilitando a análise e avaliação do desempenho global e setorial das infraestruturas através de um conjunto de indicadores de desempenho. Como os módulos existentes no DECIdE (Importação, Balanço Hídrico- BH, Balanço Energético- BE, Áreas de Análise e Infraestrutura) apresentam dados de diversas fontes, delineou-se e importou-se as tabelas que vão ser analisadas.

A análise à rede de distribuição permite um conhecimento geral às EG sobre o que se deve manter e reabilitar, através de indicadores de desempenho e do cálculo aos BH e BE. Desta forma, através dos documentos da ERSAR, do sistema *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) e do sistema de *Customer Relationship Management* (CRM) consegue-se agregar toda a informação infraestrutural necessária numa BD unificada.

Adicionalmente, o DECIdE apresenta ferramentas de auxílio à gestão infraestrutural (*MySQL Workbench*, *Quantum Geographical Information System- QGIS*, entre outros), que permitem o mapeamento, visualização e alteração dos dados georreferenciados, das diferentes EG. A equipa do DECIdE para realizar testes à rede de distribuição, sem afetar os processos e os dados das EG desenvolveu uma EG fictícia, denominada EG teste, com dados fictícios necessários para o funcionamento do DECIdE, com base na ferramenta de auxílio (QGIS).

Para desenvolver a proposta de subsistema teve que se analisar inicialmente o modelo DECIdE, entender como é composto, a forma como os dados são tratados, as diferentes camadas da arquitetura, de modo a se perceber como é que se consegue integrar nesse modelo. Adicionalmente, como os dados constituintes dos SAA e saneamento das EG apresentam um grande volume e complexidade, apresenta-se alguns dos diferentes pontos de vistas do IVI.

Para facilitar a gestão dos processos relacionados com a infraestruturas e de forma a responder à problemática inicial de como aproveitar melhor os recursos/infraestruturas, a rede de distribuição e reabilitação das mesmas, face às problemáticas e pontos de vistas das EG, apresentou-se no Tópico 3.3 Modelo Proposto uma análise realizada às infraestruturas inseridas na EG teste, de forma a traçar medidas de orientação ao desenvolvimento da solução (Tópico 3.3 Modelo Proposto), através da arquitetura do DECIdE.

3.1.1 Arquitetura do DECIdE

A arquitetura do DECIdE está dividida da seguinte forma: **FrontEnd**: programação voltada para o cliente, no qual o utilizador consegue visualizar e interagir nos diferentes módulos do DECIdE (acontece no navegador); **BackEnd**: programação voltada para os dados, no qual as alterações acontecem no servidor e BD. É feita a partir do *background*, de forma que os dados solicitados pela *FrontEnd* sejam entregues eficientemente; e **Core**: Repositório das configurações nos componentes.

As interfaces do DECIdE estão implementadas por meio de *Web Services* e uma *Application Program Interface* (API), de modo a se conseguir relacionar os dados obtidos de diferentes fontes através de diferentes processos (Ferreira, Antunes, & Gomes, 2020). Apresenta-se no subcapítulo 3.1.1.1 Arquitetura tecnológica do DECIdE a camada tecnológica do DECIdE, de forma a observar-se a arquitetura aplicada à plataforma e de que forma se consegue integrar o subsistema com os dados já existentes.

3.1.1.1 Arquitetura tecnológica do DECIdE

Uma boa gestão de dados necessita de decisões tecnológicas, tendo em conta a complexidade e variedade dos dados nas diferentes EG. A equipa do DECIdE teve que compreender o impacto dessas tecnologias dos dados, uma vez que os dados das diferentes EG e o SIG dependem de diferentes métricas e fatores, na avaliação dos seus SAA e de forma a evitarem a uma decisão fora do contexto estabelecido. A seguinte camada tecnológica suporta o desenvolvimento das soluções e a comunicação entre o utilizador e o DECIdE (Ferreira, Antunes, & Gomes, 2020): Sistema de Gestão de BD (SGBD) (*MySQL 8.0*); Plataformas de serviço (PaaS) (*Docker*); *Framework* (*Django*); Armazenamento dos dados (*Bokeh*); Interação e visualização dinâmica dos dados: *D3.JS*; *Framework FrontEnd* (*Bootstrap*); Biblioteca *Javascript* (*JQuery*).

Para esta camada tecnológica neste projeto aborda-se o SGBD e certos aspetos de armazenamento de dados, através do QGIS de forma a explorar como a informação e os processos são apresentados no DECIdE e vão ser desenvolvidos no subsistema de IVI, de acordo com a arquitetura geral do DECIdE, tendo por base o que já foi desenvolvido.

3.1.1.2 Arquitetura Aplicada

A necessidade das EG entregarem a informação de forma elaborada e concisa, levou a que tivessem de adotar uma estratégia de gestão de toda a tecnologia e respetivas ferramentas de suporte aos SAA (sendo um dos objetivos em qualquer área de negócio e/ou organização).

Dependendo dos tipos de dados as EG, os documentos fornecidos sobre o sistema, bem como

os tipos de arquiteturas delineadas no enquadramento teórico, o DECIdE adota um tipo de *framework enterprise* de *web responsive*, permitindo assim ajustar-se às necessidades dos utilizadores (Ferreira, Antunes, & Gomes, 2020). Permite delinear as estratégias dos SI e que por sua vez, pode levar a um desenvolvimento de novas soluções para os problemas existentes e vão apresentar um papel importante nos processos e atividades.

Este subcapítulo visa a modelação dos SI, tendo em conta a sua integração nas camadas tecnológicas das EG e como se encontra projetado no modelo DECIdE. A arquitetura aborda a forma de interação nas diferentes interfaces simples, a forma como podem ser acedidas de forma independente pelos utilizadores, tornando assim um ponto de partida no desenvolvimento da proposta de subsistema de Índice de Valor Infraestrutural (IVI).

Neste sentido apresenta-se os seguintes módulos iniciais que constituem a arquitetura do DECIdE, desenvolvidos pela equipa de investigação (Ferreira, et al., 2019):

- Armazenamento dos dados relativamente às infraestruturas (SCADA, SIG, CRM, entre outros);
- Bases de conhecimento e formalização dos processos, com recurso a diferentes entidades ou sistemas (ferramentas de suporte/auxílio na gestão e processamento dos dados);
- Análise e demonstração dos dados cartográficos das diferentes EG do DECIdE, através dos diferentes módulos e infraestruturas.

A arquitetura elaborada define quais os elementos necessários e o seu fluxo dos dados entre os mesmos, de forma a garantir que todos os requisitos não-funcionais identificados fossem atendidos, obtendo assim as bases da arquitetura e diferentes camadas delineadas no processo de inserção do modelo.

A arquitetura aplicada ao DECIdE (Figura 2) encontra-se dividida em três camadas: na primeira camada é apresentada os dados necessários para integrar os dados das diversas EG numa BD unificada; na segunda camada é apresentado as ferramentas e envolventes necessárias no processo de análise, avaliação e de auxílio aos diferentes módulos do DECIdE; e na terceira camada é apresentado os dados da primeira camada em forma de tabelas de dados necessários no DECIdE (Pontos de entrega- PE; Estações Elevatórias- EE, Zonas de Medição e Controlo- ZMC, ramais, condutas, bombas, captações, reservatórios, células e medidores), de forma a que se consiga importar os mesmos para o servidor e posteriormente atualizá-los na BD.

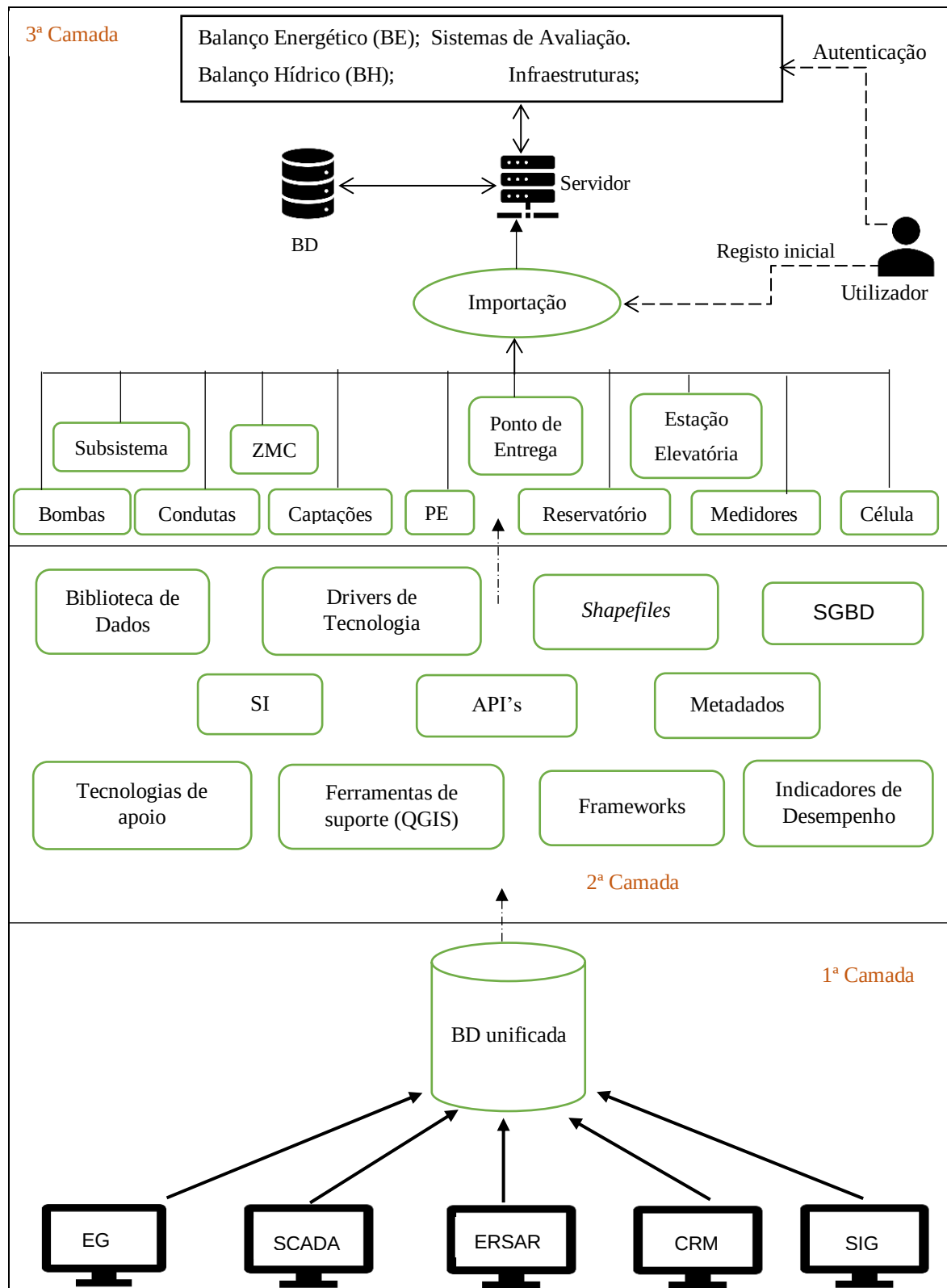


Figura 2 Arquitetura delineada no DECIdE

A ação desempenhada pelo utilizador na 3ª camada vai ser o registo e autenticação dos dados, de forma a aceder/utilizar os módulos e proceder à sua análise e avaliação. Os utilizadores têm sempre acesso às ferramentas da 2ª camada. Para avaliação e análise da situação atual utilizou-se a EG teste, que a equipa do DECIdE desenvolveu, de forma a testar/calcular, mapear, alterar

e utilizar outros tipos de funcionalidades disponíveis na plataforma (Ferreira & Antunes, 2020), permitindo assim uma análise e desenho do novo subsistema IVI no DECIdE.

3.2 Análise da Situação Atual

É fundamental que exista um acompanhamento constante de todas as fases do modelo proposto, através de uma avaliação metodológica dos processos implementados, baseada na arquitetura do sistema. Neste sentido pretende-se analisar a coerência de uma proposta de relação face à situação atual da gestão dos serviços, através das diferentes áreas.

Os atributos das componentes (DN, vida útil, tipo de material) dão uma ideia sobre o estado provável de conservação, correspondente à vida útil residual e auxiliam no processo de reabilitação, embora existam outros problemas para as diferentes componentes da infraestrutura, como a questão da durabilidade, data de instalação e estado de conservação do material atual (ERSAR, 2020). Para se conseguir efetuar a análise do IVI, teve que se obter os dados da EG teste de modo a mapear e filtrar quais as tabelas necessárias para o cálculo do IVI. Adicionalmente, indicaram-se as formas e os formatos técnicos das diferentes fontes que vão suportar a construção do tipo de informação (guias técnicos ERSAR, Excel), bem como a descrição das etapas do subsistema desde a fase inicial, até à final e os dados interligados com os outros módulos, para responder à problemática (Como aproveitar melhor os recursos/infraestruturas, a rede de distribuição e reabilitação das mesmas, face às problemáticas e pontos de vistas das EG?).

Tendo em conta estes pontos, delineou-se o modelo de dados do DECIdE, de forma a avaliar como é que os dados se comportam, bem como uma lista de requisitos significativos que suportam os processos de negócio analisados no âmbito de reabilitação infraestrutural: Solução capaz de processar aspetos infraestruturais de diferentes pontos de vista; Suporte para novos parâmetros infraestruturais para correções de valores e ajustes; e Suporte para processamentos diários.

Para esta situação e requisitos é importante fornecer um ambiente apropriado para aceder e armazenar informação e dados de forma fiável e eficiente, deste modo a solução deverá permitir uma ligação à BD de forma a disponibilizar a informação relativa a: infraestruturas que não estão a ter o desempenho coreto; registo do tempo em que cada reabilitação foi realizada, e se esse tempo está dentro do estipulado ou não; e quais os elementos utilizados (tipo de material, subsistema, comprimento, altura, entre outros).

Como os dados inseridos na BD da EG teste e EG reais necessários para o funcionamento dos diferentes módulos do DECIdE, verificou-se como é que os dados se distribuem e a dependência que cada tabela tem. Desta forma, apresenta-se os dados necessários para o funcionamento do DECIdE obtidos através dos documentos do DECIdE e da análise às tabelas do DECIdE, na BD (Ferreira & Antunes, 2020).

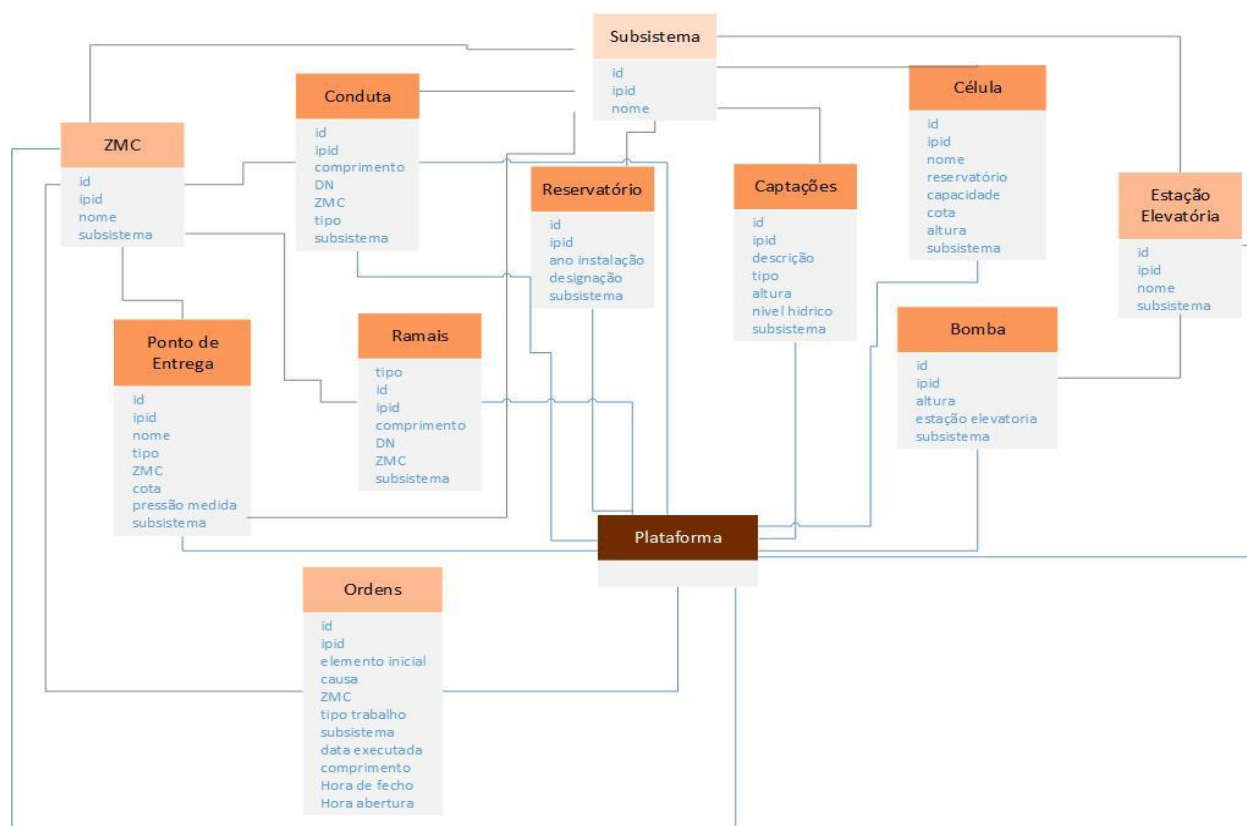


Figura 3 Modelo de Dados do DECIdE

Para calcular o IVI com os dados inseridos no DECIdE teve que se analisar do modelo de dados do DECIdE (Figura 3), os dados da EG teste, os documentos da plataforma e as ferramentas de auxílio (QGIS). Esta proposta de subsistema inicialmente vai incidir sobre algumas das infraestruturas do DECIdE (condutas e ramais), que contem os dados representados na Figura 3, uma vez que vai ser fundamental não só para o cálculo do IVI inicial, como também para o desenvolvimento do modelo de dados e processo de reabilitação. Algumas das tabelas (subsistema, ZMC e EE) apresentam dados integrados nas restantes tabelas, devido à hierarquização dos dados primeiro importa-se os subsistemas, depois os ZMC e por fim as restantes tabelas pela seguinte ordem: Pontos de entrega; Captações; EE; Bombas; Reservatório; Célula; Conduto; Ramal; e Medidores.

Para as infraestruturas do modelo de dados (Figura 3), aborda-se uma solução que rentabilize a rede de distribuição, dos ativos e da idealização do portfólio em certos investimentos, com base no modelo de IVI, face à perspetiva dos ativos (Alegre, Vitorino, & Coelho, 2014). Os dados

vão passar por um processo de transformação/conversão, uma vez que ao se analisar o valor de origem dos DN e outros fatores, vai ser necessário regularizá-los de modo a que se enquadrem no IVI, embora existam alguns paradigmas com os resultados obtidos para o *dashboard* e interligação aos outros módulos (Balanço Hídrico e Energético).

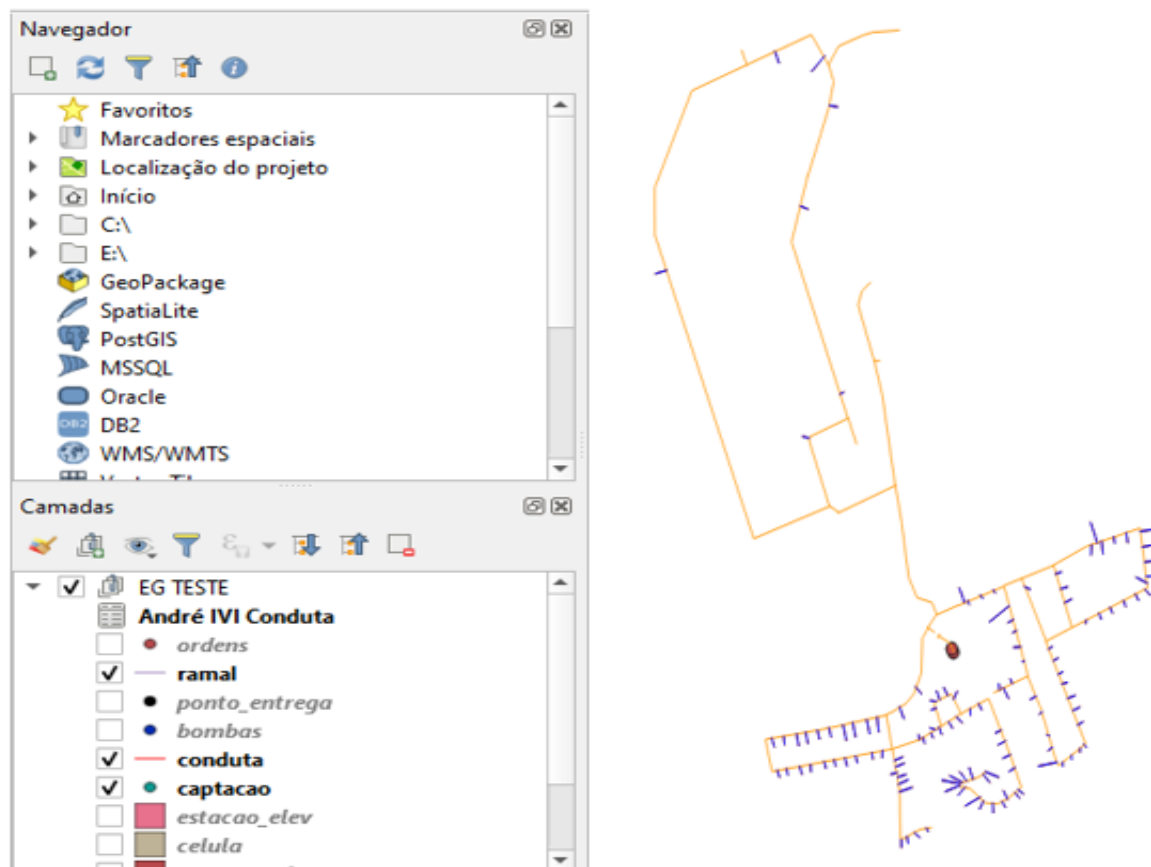


Figura 4 Rede de distribuição da EG Teste

Ao observar-se os dados fictícios da EG teste na BD e no QGIS, decidiu-se escolher as seguintes infraestruturas (ativos lineares) para análise da solução atual: condutas; ramais; e captações. Estes tipos de infraestruturas delineadas na Figura 4 apresentam uma importância na Gestão Patrimonial da Infraestrutura (GPI) e nos Serviços de Abastecimento de Água (SAA), uma vez que existem constantes perdas reais (ou físicas) associadas a fugas e roturas ao longo das redes de distribuição, atribuindo-se assim uma maior importância aos indicadores e desempenho destas infraestruturas.

O QGIS suporta também alguns sistemas de referência de coordenadas conhecidos como *Coordinate Reference System*, tornando-se numa ferramenta versátil na edição, alteração e reformulação das características das redes de distribuição e infraestruturas. Existe uma diferença entre os *shapefiles* da EG teste com os *shapefiles* das EG na medida em que, os dados fictícios da EG teste encontram-se completos e com mais informação do que os dados da EG reais (diâmetro, tamanho das condutas, tipo de material, o seu ano de instalação, entre outros

atributos) (Ferreira & Antunes, 2020). De acordo com a rede de distribuição da EG Teste (Figura 4) a ser analisada, apresenta diferentes formatos não topológicos para armazenar a localização geométrica e atribuir informações características geográficas aos diferentes ativos lineares. Para isso, dentro do QGIS, selecionaram-se os campos dentro da *shapefile*, mais adequados ao DECIdE e IVI, que foi o caso das condutas, ramais e captações (no qual o troço amarelo pertence às condutas, o troço azul escuro pertence aos ramais e o círculo vermelho são as captações). Estes atributos vão ser necessários não só para as EG, como também para alguns dos diferentes módulos do DECIdE, uma vez que alguns campos da plataforma necessitam de ter essa informação completa, de forma a conseguirem analisar e realizar outro tipo de procedimento aos dados.

Dentro de cada *shapefile* existem dados na BD relativos às infraestruturas na EG teste verificada na Figura 5, desta forma para se conseguir analisar e consultar os mesmos foi necessário extrairlos em tabela, através do QGIS. Para se obter os atributos da infraestrutura em tabela teve que se selecionar o *shapefile* na Figura 4 **Error! Reference source not found.**, abriu-se a tabela de atributos e carregou-se esses dados para um ficheiro compatível, de modo a realizar alterações aos mesmos, utilizando o *Microsoft Excel*.

conduta — Features Total: 22, Filtered: 22, Selected: 0

	tipo_rede	subsistema	zmc	diametro	compriment	ipid
1	Adução	Subsistema 1	NULL	200	82,20342540721...	conduta.16
2	Adução	Subsistema 1	NULL	250	23,34954174499...	conduta.1
3	Adução	Subsistema 1	NULL	250	3,179699258420...	conduta.2
4	Adução	Subsistema 1	NULL	250	7,940329953635...	conduta.3
5	Adução/Distribuição	Subsistema 1	NULL	200	67,93754435591...	conduta.14
6	Adução/Distribuição	Subsistema 1	NULL	200	127,2394305800...	conduta.15
7	Distribuição	Subsistema 2	NULL	200	721,8416741122...	conduta.20
8	Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	182,9383999167...	conduta.9
9	Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	581,5194073027...	conduta.10
10	Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	58,59441739600...	conduta.11
11	Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	65,73567152729...	conduta.12
12	Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	160	156,5064464454...	conduta.5
13	Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	160	621,6534122486...	conduta.6
14	Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	90	66,64790909464...	conduta.7
15	Distribuição	Subsistema 1	NULL	200	41,90813908024...	conduta.8
16	Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	200	103,2639002955...	conduta.4
17	Distribuição	Subsistema 2	NULL	160	14,86312918420...	conduta.21
18	Distribuição	Subsistema 2	NULL	200	20,000000000000...	conduta.22
19	Distribuição	Subsistema 2	NULL	300	200,7390060580...	conduta.17
20	Distribuição	Subsistema 2	NULL	250	362,9074704977...	conduta.18
21	Distribuição	Subsistema 2	NULL	200	11,34945093913...	conduta.19
22	Distribuição/Adução	Subsistema 1	NULL	200	140,3327323197...	conduta.13

Figura 5 Tabela da conduta no QGIS

Existe uma diferença dos dados da EG teste quando comparado ao das reais, na medida que o Diâmetro Nominal (DN) e comprimento das condutas já se encontram preenchidos e aptos,

situação que não se verifica nas outras entidades, uma vez que os mesmos se encontram em constantes alterações. Para realizar a análise dos ativos da Figura 5 no *MS Excel* foi necessário delinear os custos associados às infraestruturas, o tipo de material e o ano de instalação tendo em conta os documentos da ERSAR (2020) e do DECIDE, de modo a que seja possível realizar o cálculo do IVI.

Na análise dos dados da conduta extraídos do ficheiro da Figura 5, de forma a realizar o cálculo do IVI, um dos aspetos iniciais que se teve em conta foi, a atribuição do tipo de material a cada conduta e o ano de instalação a cada infraestrutura da Figura 4, de forma a obter-se os custos unitários para cada DN. Estes valores associados aos custos unitários, tiveram como base o documento disponibilizado pela ERSAR (2020), no qual se apresenta toda a informação relativamente aos custos de reabilitação da rede de distribuição e de saneamento de água.

O custo de construção das condutas de água tem os seguintes parâmetros associados: o ano de instalação; o material; DN, acessórios a instalar, vida útil e a função a desempenhar pela infraestrutura (adução, distribuição), bem como o tipo de pavimento. Os restantes parâmetros (tipo de rede e ZMC) podem ser considerados, embora nesta fase inicial dos custos de construção aborda-se de uma forma geral, de forma a ser mais acessível e compreensível. O tipo de materiais inseridos na EG teste foram os seguintes (Ferreira & Antunes, 2020):

- Policloreto de Vinilo- PVC;
- Polietileno de Alta Densidade- PEAD;
- Ferro Galvanizado- FG;
- Fibrocimento- FC;
- Polietileno de Média Densidade- PEM;
- Hidronil- HI;
- Ferro Fundido- FF;
- Plástico- PL;
- Ferro Fundido Dúctil- FFD;
- Aço- Aco;
- Grés cerâmico- GC;
- Betão simples- B;
- PVCC;
- PRV;
- Polietileno de Baixa Densidade- PEB;
- PPC.

Os custos unitários têm tendência a aumentar com o DN, neste caso decidiu-se aplicar esta perspetiva para a generalidade dos materiais da EG teste, embora cada EG real apresenta um custo diferente para cada tipo de infraestrutura delineada acima (uma vez que depende de EG para EG, largura da vala, custos de movimentos de terras e pavimentação mais elevados), uma vida útil remanescente diferente e um custo da tubagem variável. Embora se possa considerar, que todos estes materiais desempenham uma função importante nos SAA, utilizou-se na avaliação das infraestruturas e das redes os seguintes materiais, uma vez que vão ser os mais utilizados e apresentam informação mais detalhada na BD da EG teste: PVC; FC; e PEAD.

Com os dados obtidos do QGIS e da BD, inseriu-se o tipo de material, bem como o cálculo dos valores unitários das condutas e dos ramais instalados. Para os tipos de rede de distribuição decidiu-se atribuir o tipo de material PVC e para a rede adução o FC, embora existam alguns casos em que o tipo de material não corresponde a esta atribuição (condutas 14, 11, 12, 21, 22 e 19).

As funções de custo unitário para as condutas e ramais vão ser diferentes na infraestrutura atual e na nova, para cada tipo de material e os custos de pavimentação e os associados a trabalhos especiais, foram excluídos nestas funções. Os parâmetros a serem introduzidos no cálculo dos custos, vão ser os seguintes: DN; Comprimento da conduta (Cmp); Tipo de Material; e Vida útil do material.

Os parâmetros foram analisados tendo em conta alguns dos materiais delineados acima (FC, PVC e PEAD), visto que para os dados inseridos no QGIS, da Figura 5 estes tipos de materiais vão-se enquadrar melhor na reabilitação. Tendo em conta estes parâmetros e tipos de materiais, verificou-se que as expressões do custo para as infraestruturas em estudo (condutas e ramais) na EG teste, vão ser diferentes.

No caso das condutas as expressões dos custos unitários Equação 2, tendo em conta a ERSAR (2020), vão ser as seguintes:

$$C_{(PVC)} = 0,00024DN^2 + 0,1068DN + 15 \quad (2)$$

$$C_{(FC)} = 0,00075DN^2 + 0,2432DN + 15 \quad (3)$$

Equação 2 Custos unitários das condutas(antigas) face ao tipo de material

Calculou-se os custos unitários face ao tipo de material (Equação 2), obtendo assim a Tabela 2 com os custos de reabilitação das condutas atuais (arredondados à unidade).

Custo de instalação (atuais)		
DN	Material	€/m
90	FC	25
160	FC	36
200	FC	44
250	FC	55
90	PVC	27
160	PVC	38
200	PVC	46
250	PVC	57
315	PVC	72

Tabela 2 Custos unitários antigos das condutas em função do DN e material

Ao se relacionar estes valores, com o tipo de material e DN, verificou-se que para o seu diâmetro e anos de serviço, o valor da conduta vai depreciar ainda mais, face aos resultados da Tabela 2. Procedeu-se assim ao cálculo do valor atual das condutas demonstrado na Tabela 3. **Error! Reference source not found.**, através da seguinte fórmula de cálculo (Equação 3):

$$\text{Valor Atual} = \frac{(C_{\text{tipo material}} \times \text{Cmp}) \times [\text{Vida útil} - (\text{Ano Atual} - \text{Vida útil})]}{\text{Vida útil}} \quad (4)$$

Equação 3 Fórmula do valor atual das condutas

Para o cálculo do valor atual considerou-se o tempo de vida útil da conduta FC em 70 anos e o do PVC em 50 anos (ERSAR, 2020). Os resultados obtidos para esta fórmula do valor atual encontram-se descritos na Tabela 3 onde foram realizados os cálculos dos valores atuais (espaço a verde são valores inexistentes), demonstrando o quanto o ativo vale atualmente e a sua depreciação tendo em conta a sua vida útil remanescente.

tipo_rede	subsistema	ZMC	DN	Cmp	ipid	Ano_instal	Material	Valor_atual
Adução	Subsistema 1	al	200	82,20342541	conduta.16	1975	FC	1292,4
Distribuição/ Adução	Subsistema 1		200	140,3327323	conduta.13	1987	FC	3265,2
Adução/ Distribuição	Subsistema 1		200	67,93754436	conduta.14	1960	FC	427,2
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	58,5944174	conduta.11	1967	FC	518,3
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	65,73567153	conduta.12	1995	FC	1539,2
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	182,9383999	conduta.9	2005	PVC	4866,2
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	160	581,5194073	conduta.10	2000	PVC	13258,6
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	90	66,64790909	conduta.7	1970	PVC	0

tipo_rede	subsistema	ZMC	DN	Cmp	ipid	Ano_instal	Material	Valor_atual
Distribuição	Subsistema 1		200	41,90813908	conduta.8	1985	PVC	578,3
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	160	156,5064464	conduta.5	1989	PVC	2259,9
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	160	621,6534122	conduta.6	2008	PVC	17953,4
Adução	Subsistema 1		250	7,940329954	conduta.3	1985	FC	217,5
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	200	103,2639003	conduta.4	2002	PVC	3040,1
Adução	Subsistema 1		250	23,34954174	conduta.1	1977	FC	493,3
Adução	Subsistema 1		250	3,179699258	conduta.2	1982	FC	79,6
Adução/ Distribuição	Subsistema 1		200	127,2394306	conduta.15	2000	PVC	3511,8
Distribuição	Subsistema 2		160	14,86312918	conduta.21	1980	FC	232,0
Distribuição	Subsistema 2		200	20	conduta.22	1972	FC	276,7
Distribuição	Subsistema 2		200	11,34945094	conduta.19	1986	FC	256,9
Distribuição	Subsistema 2		200	721,8416741	conduta.20	2008	PVC	25235,6
Distribuição	Subsistema 2		315	200,7390061	conduta.17	2003	PVC	9539,1
Distribuição	Subsistema 2		250	362,9074705	conduta.18	2010	PVC	16548,6
SUM								105389,9

Tabela 3 Cálculo dos valores atuais unitários para as condutas

Para os valores atuais das condutas obteve-se um valor total das condutas de 105389,9€ (arredondado às décimas). No cálculo do valor total das condutas (**Error! Reference source not found.**), verifica-se que em certas condutas o valor atual encontra-se muito baixo ou nulo (inferior a 1000€), dado que a sua vida útil remanescente já acabou, ou está a acabar (conduta 14, conduta 11, conduta 7, conduta 8, conduta 3, conduta 1, conduta 2, conduta 21, conduta 22 e conduta 19). Nestas condutas para dar continuidade ao processo de distribuição sem afetar o desempenho, atrasar o processo e evitar as perdas de água, decidiu-se reabilitá-las por outro tipo de material, caso a conduta seja FC ou por outro igual, tendo em conta a vida útil e valores atuais das condutas (**Error! Reference source not found.**).

Para o FC decidiu-se substituir por outro tipo de material (PEAD), “em virtude das fibras de amianto libertadas para o meio ambiente e do perigo que apresenta para o bem-estar e saúde das pessoas (cancro) e do ambiente” (Farias, 2005). Devido aos perigos que este material apresenta, não só deixou de ser utilizado nas obras públicas, como também deixou de ser considerado na reabilitação infraestrutural, uma vez que se trata de um material que teve inúmeras aplicações que não foram devidamente assinaladas (aplica-se ao caso dos ramais e outras infraestruturas).

Certas condutas PVC foram alteradas para PEAD (conduta 7, devido ao seu valor estar depreciado de acordo com os *standards* (inferior a 1000€) e a diferentes fatores de intervenção

relacionado com a reabilitação. O seu desempenho, as perdas de água e a sua reabilitação vai levar à substituição das condutas por outras de características idênticas e mais recentes.

Tendo o valor atual das condutas, a vida útil remanescente e a conversão para os novos materiais e DN a serem reabilitados, o único fator que falta para o cálculo do IVI vai ser o valor previsto das condutas. De acordo com a ERSAR (2020) para os novos custos unitários, teve que se adotar um novo DN e um novo tipo de material nas condutas, caso o seu valor atual, ou a sua vida útil remanescente apresentem valores nulos ou abaixo da média.

Tendo em conta os dados da ERSAR, os DN vão ser distribuídos da seguinte forma:

- Para as condutas PEAD, que vão substituir o FC o seu DN aumentou para os seguintes valores: 110; 180; 225; 280;
- Para as condutas PVC o DN manteve-se igual em todos os casos: 90; 160; 200; 250.

Os novos custos de manutenção e de reabilitação vão aumentar, tendo em conta estas alterações, a altura de instalação e o tipo de material. Calculou-se o custo unitário de reabilitação através das seguintes expressões (Equação 4), para cada novo DN e tipo de material considerado (ERSAR, 2020):

$$C_{(PVC)}\text{reabilitação} = C_{(PVC)}\text{antigo} \times 1.23 \quad (5)$$

$$C_{(PEAD)} = 0,00041DN^2 + 0,1185 + 15 \quad (6)$$

$$C_{(PEAD)}\text{reabilitação} = C_{(PEAD)} * 1,16 \quad (7)$$

Equação 4 Novos custos unitários das condutas face ao tipo de material

Estes custos tiveram em conta as novas necessidades e novas exigências de desempenho da rede, uma vez que são de difícil compatibilização com certas técnicas de reabilitação, não só pela dificuldade inerente, mas também pelo custo que a mesma acarreta comparado a técnicas menos conservadoras. Na reabilitação das infraestruturas em questão ainda foi necessário compreender e verificar as várias ligações da estrutura com o pavimento, de forma a tornar essas infraestruturas resistentes. Estas ligações são essenciais nas infraestruturas, uma vez que os seus dimensionamentos corretos permitem uma adequada transmissão de esforços, evitando assim o desgaste do pavimento e da infraestrutura.

Decidiu-se adicionar ao custo unitário das novas condutas (Equação 4) uma taxa de custos do pavimento ou trabalhos especiais (multiplicado pelo fator associado), uma vez que os custos de construção dos componentes inicialmente são calculados, sem considerar o custo de pavimentação e trabalhos especiais e posteriormente, estas rubricas são adicionadas ao novo custo de construção na reabilitação. Os custos associados aos trabalhos especiais e custo de pavimentação consideram todos os dados fictícios e apresentam valores diferentes para cada tipo de infraestrutura e tipo de material. (ERSAR, 2020). Apresentou-se o cálculo das fórmulas

dos novos custos unitários na Tabela 4, para os novos DN e tipos de materiais verificados.

Custo de instalação (novo)		
DN	Material	€/m
160	PVC	46,74
200	PVC	56,58
250	PVC	70,11
300	PVC	88,56
90	PEAD	38,28
170	PEAD	57,55
200	PEAD	72,41
225	PEAD	93,18
250	PEAD	46,74

Tabela 4 Custos unitários novos das condutas em função do DN e matéria

Para o cálculo dos valores novos/previstos, considerou-se o Cmp e o custo unitário calculado a partir da Tabela 4, da seguinte forma (Equação 5):

$$\text{Valor substituição} = \text{Custo unitário}_{(\text{material novo})} \times \text{Cmp} \quad (8)$$

Equação 5 Fórmula do valor de substituição

Verificou-se que, cada condução vai estar estruturada de forma a organizar informações existentes e na compreensão de como os diferentes indicadores de condição de ativo ao nível do seu tipo vão ser ponderados na produção dos diferentes níveis de reabilitação das condutas. Sendo assim, os resultados obtidos para o valor de reabilitação da condução vão estar representados na Tabela 5, que por sua vez, os elementos associados aos custos de reabilitação mais elevados e aos custos de manutenção mais elevados, vão controlar o valor numérico dos índices, respetivamente ao nível do IVI.

Tipo_Rede	Subsistema	ZMC	Cmp	Novo DN	Material_instalar	ValorSubstituição
Adução	Subsistema 1	Al	82,20342541	220	PEAD	5952,0
Distribuição/ Adução	Subsistema 1		140,3327323	220	PEAD	10160,9
Adução/ Distribuição	Subsistema 1		67,93754436	220	PEAD	4919,1
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	58,5944174	180	PEAD	3372,2
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	65,73567153	180	PEAD	3783,2
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	182,9383999	160	PVC	8550,5
Distribuição	Subsistema 1	Zona Média	581,5194073	160	PVC	27180,2
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	66,64790909	110	PEAD	2550,9
Distribuição	Subsistema 1		41,90813908	220	PVC	2371,1
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	156,5064464	220	PVC	7315,1

Tipo_Rede	Subsistema	ZMC	Cmp	Novo DN	Material_instalar	ValorSubstituição
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	621,6534122	220	PVC	29056,1
Adução	Subsistema 1		7,940329954	180	PEAD	739,9
Distribuição	Subsistema 1	Zona Alta	103,2639003	180	PVC	5842,7
Adução	Subsistema 1		23,34954174	160	PEAD	2175,6
Adução	Subsistema 1		3,179699258	160	PEAD	296,2
Adução/ Distribuição	Subsistema 1		127,2394306	200	PVC	7199,2
Distribuição	Subsistema 2		14,86312918	160	PVC	694,7
Distribuição	Subsistema 2		20	160	PEAD	1448,1
Distribuição	Subsistema 2		11,34945094	280	PVC	642,2
Distribuição	Subsistema 2		721,8416741	200	PVC	40841,8
Distribuição	Subsistema 2		200,7390061	280	PVC	17777,4
Distribuição	Subsistema 2		362,9074705	280	PVC	25443,4
SUM						208312,5

Tabela 5 Valores de substituição de cada conduta

Tendo em conta que o valor total atual da Tabela 3 é de 105389,9 € e o de substituição da Tabela 5 é de 208312,5 €, o passo seguinte foi o cálculo do IVI através da seguinte expressão (Equação 6), no qual se relaciona o valor total atual das condutas sobre o total de reabilitação, de modo a avaliar o estado atual da infraestrutura e se é necessário ou não intervir em certa conduta.

$$IVI = \frac{\text{Valor Atual da Infraestrutura (estimado)}}{\text{Valor de Reabilitação da Infraestrutura}} = \frac{105389,9}{208312,5} = 0,5 \quad (9)$$

Equação 6 Cálculo do IVI para as condutas

O IVI para os dados da EG teste, de acordo com a Equação 6 apresenta um valor de 0,5, no qual se encontra num intervalo de valores estáveis (Página 13), traduzindo-se assim em condutas com bom desempenho das suas funções. Um dos obstáculos na reabilitação das infraestruturas é a questão da durabilidade das infraestruturas antigas e do seu registo, uma vez que estes fatores afetam o tempo da vida útil, o cálculo dos custos e a gestão do portfólio de investimentos. As composições dos materiais utilizados na altura de instalação são diferentes dos atuais, traduzindo-se num período de vida útil incerto (pode prolongar ou encurtar o tempo de vida da infraestrutura), limitando o processo de análise e de cálculo. A partir deste obstáculo explorou-se diferentes vertentes de forma a cumprir os objetivos das EG e ao mesmo tempo ser possível aproveitar ao máximo a rede de distribuição e facilitar o processo de reabilitação (avaliando o desempenho da rede e de acordo com as vertentes).

Obtido o IVI para as condutas da rede (Equação 6), procedeu-se à análise dos ramos com os

dados obtidos do excerto da Figura 6, do *shapefile* desenvolvido pela equipa do DECIdE para a EG teste. Na Figura 6 apresenta-se um excerto dos ramais retirados, sendo representados na

QGIS ramal — Features Total: 120, Filtered: 120, Selected: 1

	ipid	tipo	compriment	subsistema	zmc
1	ramal.99	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta
2	ramal.98	Domestico	13	Subsistema 1	Zona Alta
3	ramal.97	Domestico	12	Subsistema 1	Zona Alta
4	ramal.96	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
5	ramal.95	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
6	ramal.94	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
7	ramal.93	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
8	ramal.92	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
9	ramal.91	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
10	ramal.90	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
11	ramal.9	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média
12	ramal.89	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta
13	ramal.88	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta
14	ramal.87	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
15	ramal.86	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta
16	ramal.85	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
17	ramal.84	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
18	ramal.83	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
19	ramal.82	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
20	ramal.81	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
21	ramal.80	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
22	ramal.8	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Média
23	ramal.79	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta
24	ramal.78	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta
25	ramal.77	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta
26	ramal.76	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta
27	ramal.75	Domestico	19	Subsistema 1	Zona Alta
28	ramal.74	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta
29	ramal.73	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta
30	ramal.72	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta
31	ramal.71	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta
32	ramal.70	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
33	ramal.7	Domestico	12	Subsistema 1	Zona Média

Figura 6 Tabela de atributos dos ramais no QGIS

sua totalidade no Anexo 2 **Listagem completa dos ramais QGIS****Error! Reference source not found.**, uma vez que a dimensão da tabela é extensiva e volumosa.

Com a totalidade dos atributos dos ramais (Anexo 2 **Listagem completa dos ramais QGIS**), verificou-se que o campo do diâmetro e do tipo de material faltavam o que não permitia o cálculo dos custos unitários, devido a isso adicionou-se esses campos no *MS Excel* aos dados completos dos ramais. Da mesma forma que se atribuiu certos campos às condutas, no caso dos ramais os materiais vão ser atribuídos da mesma forma.

Depois de se inserir o DN e o material aplicou-se os custos unitários para os ramais (Equação 7) do Anexo 2 **Listagem completa dos ramais QGIS** e tipos de materiais, FC, PVC e PEAD (ERSAR, 2020):

$$C_{(PVC)} = 1,397 DN + 38 \quad (10)$$

$$C_{(FC)} = 1,137DN + 33 \quad (11)$$

$$C_{(PEAD)} = 0,8997DN + 166 \quad (12)$$

Equação 7 Custos unitários dos ramais face ao tipo de material

De acordo com a (ERSAR, 2020) os custos unitários vão ser diferentes para os ramais da Figura 6, comparado ao cálculo do custos unitários das condutas da Tabela 2, devido a fatores

diferentes tais como: custos de montagem; e trabalhos especiais na construção dos mesmos. Definiu-se os valores para os custos unitários atuais para os ramais (Tabela 6).

Custo de instalação (antigos)		
DN	Material	€/m
125	FC	175,13
160	FC	214,92
200	FC	260,40
250	FC	317,25
125	PVC	212,63
160	PVC	261,52
200	PVC	317,40
250	PVC	387,25
315	PVC	478,06

Tabela 6 Custos unitários antigos dos ramais em função do DN e material

O cálculo obtido para os valores atuais e previstos, vão ser tratados de forma semelhante aos das condutas (Tabela 2), embora as fórmulas de cálculo dos custos unitários sejam diferentes. Desta forma, apresentam-se os resultados dos valores atuais na Tabela 7, tendo em conta os custos unitários antigos dos ramais em função do DN e material (Tabela 6).

ipid	tipo	Cmp	subsistema	ZMC	DN	Ano instalação	Tipo Material	Valor Atual
ramal.96	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	200	1975	FC	744,00
ramal.97	Domestico	12	Subsistema 1	Zona Alta	200	1990	PVC	1523,52
ramal.98	Domestico	13	Subsistema 1	Zona Alta	200	1960	FC	483,60
ramal.99	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta	160	1967	FC	730,73
ramal.100	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta	160	1995	FC	1934,28
ramal.101	Domestico	15	Subsistema 1	Zona Alta	160	2007	PVC	2902,87
ramal.102	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	160	2004	PVC	1422,67
ramal.103	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	125	1973	FC	460,33
ramal.88	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta	200	1985	PVC	952,20
ramal.89	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	160	1989	PVC	1093,15
ramal.90	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	160	2000	PVC	1098,38
ramal.91	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	250	1985	PVC	929,40
ramal.92	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	200	2006	PVC	1371,17
ramal.6	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	200	1987	FC	1238,76
ramal.104	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	200	1962	FC	401,76
ramal.105	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	160	1992	FC	1160,57
ramal.102	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	160	1995	PVC	1438,36

ramal.106	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	160	2002	PVC	2343,22
ramal.107	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta	160	2004	PVC	1422,67

ipid	tipo	Cmp	subsistema	ZMC	DN	Ano instalação	Tipo Material	Valor Atual
ramal.108	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	160	2000	PVC	1098,38
ramal.59	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	250	2004	PVC	1843,31
ramal.60	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	200	1977	FC	602,64
ramal.61	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	200	1968	FC	401,76
ramal.62	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	200	1978	FC	624,96
ramal.63	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	160	1967	FC	417,56
ramal.80	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	160	1988	FC	933,37
ramal.81	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	160	2005	PVC	1098,38
ramal.82	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	160	2000	PVC	1255,30
ramal.83	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	125	1990	PVC	510,30
ramal.84	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	200	1981	PVC	418,97
ramal.85	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	160	1977	FC	497,39
ramal.86	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	160	2003	PVC	1553,43
ramal.87	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	250	1985	FC	1269,00
ramal.72	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta	200	2002	PVC	3453,31
ramal.73	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta	250	1977	FC	1223,68
ramal.74	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta	250	1982	FC	2465,49
ramal.75	Domestico	19	Subsistema 1	Zona Alta	200	2000	PVC	3618,36
ramal.76	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta	160	1980	FC	1289,52
ramal.77	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	200	1972	FC	900,24
ramal.78	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	200	1986	FC	1473,12
ramal.79	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta	200	2008	PVC	2412,24
ramal.32	Domestico	15	Subsistema 1	Zona Alta	315	2003	PVC	4732,75
ramal.33	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	250	2010	PVC	929,40
ramal.34	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	200	1975	FC	279,00
ramal.35	Domestico	2	Subsistema 1	Zona Média	200	1987	FC	275,28
ramal.36	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	200	1960	FC	223,20
ramal.37	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	160	1967	FC	156,59
ramal.38	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Média	160	1995	FC	967,14
ramal.39	Domestico	2	Subsistema 1	Zona Média	160	2005	PVC	366,13
ramal.24	Domestico	4	Subsistema 1	Zona Média	160	2008	PVC	795,02
ramal.25	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	125	1970	PVC	0,00
ramal.26	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Média	200	1985	PVC	1047,42
ramal.27	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	160	1989	PVC	596,27

ramal.28	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	160	2007	PVC	580,57
ramal.29	Domestico	2	Subsistema 1	Zona Média	250	1985	FC	317,25

ipid	tipo	Cmp	subsistema	ZMC	DN	Ano instalação	Tipo Material	Valor Atual
ramal.30	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média	200	2004	PVC	1079,16
ramal.31	Domestico	20	Subsistema 1	Zona Média	250	1977	FC	2447,36
ramal.48	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	250	1982	FC	435,09
ramal.49	Domestico	4	Subsistema 1	Zona Média	200	2002	PVC	812,54
ramal.50	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	160	1980	FC	276,33
ramal.51	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	200	1972	FC	245,52
ramal.52	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	200	1986	FC	803,52
ramal.53	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Média	200	2009	PVC	1733,00
ramal.54	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Média	315	2008	PVC	2906,57
ramal.55	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	250	2010	PVC	1858,80
ramal.40	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média	200	1975	FC	465,00
ramal.41	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média	200	1987	FC	688,20
ramal.42	Domestico	4	Subsistema 1	Zona Média	200	1960	FC	148,80
ramal.43	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	160	1967	FC	313,17
ramal.44	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Média	160	1985	FC	322,38
ramal.45	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	160	2005	PVC	1098,38
ramal.46	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média	160	2003	PVC	863,02
ramal.47	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média	125	1982	PVC	255,15
ramal.15	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	200	1988	PVC	685,58
ramal.16	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Média	160	1989	PVC	695,64
ramal.17	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Média	160	2008	PVC	1987,55
ramal.18	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Média	250	1985	FC	1427,63
ramal.19	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Média	200	2002	PVC	2031,36
ramal.20	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Média	250	1977	FC	1713,15
ramal.21	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Média	250	1982	FC	1305,25
ramal.22	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	200	2000	PVC	1142,64
ramal.7	Domestico	12	Subsistema 1	Zona Média	160	1980	FC	1105,30
ramal.8	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Média	200	1980	FC	1004,40
ramal.9	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	200	1986	FC	803,52
ramal.10	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Média	200	2007	PVC	1644,13
ramal.11	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Média	315	2010	PVC	3059,55
ramal.12	Escola	21	Subsistema 1	Zona Média	250	2003	PVC	5367,29
ramal.13	Rega	13	Subsistema 1	Zona Média	200	1969	FC	918,84
ramal.14	Bebedouro	26	Subsistema 1	Zona Média	200	1968	FC	1740,96

ramal.23	C. Próprio	14	Subsistema 1	Zona Média	200	1971	FC	1093,68
ramal.114	E. Verde	19	Subsistema 2		160	1970	FC	1166,71

ipid	tipo	Cmp	subsistema	ZMC	DN	Ano instalação	Tipo Material	Valor Atual
ramal.115	Escola	11	Subsistema 2		160	1983	PVC	747,95
ramal.116	Doméstico	8	Subsistema 2		160	1970	PVC	0,00
ramal.117	Doméstico	8	Subsistema 2		160	2000	PVC	1255,30
ramal.118	Doméstico	3	Subsistema 2		125	1999	PVC	369,97
ramal.119	Escola Pri.	6	Subsistema 2		200	1988	PVC	685,58
ramal.120	Doméstico	12	Subsistema 2		160	1994	PVC	1506,36
SUM								135160,83

Tabela 7 Cálculo do valor atual unitário dos ramais

Obteve-se assim para os valores totais atuais dos ramais um resultado final de 135160,83 €, para a infraestrutura atual. Da mesma forma que as condutas necessitam de alterar os seus DN, esta conversão também vai ser aplicada aos ramais, da seguinte forma:

- No caso dos ramais FC o seu DN aumentou no PEAD para todos os casos (para: 130; 180; 225; 280);
- No caso dos ramais PVC o DN manteve-se semelhante em todos os casos.

De acordo com a ERSAR (2020) para os diferentes ramais a taxa relativamente a fatores adicionais (pavimentação e trabalhos especiais) é nula, sendo diferente no caso das condutas. No cálculo previsto da Tabela 8 para o novo custo unitário utilizou-se as expressões da Equação 7, na qual se vai alterar o DN e tipo de material, caso a vida útil remanescente seja nula, ou o tipo de material utilizado já não esteja apto.

Custo de instalação (novo)		
DN	Material	€/m
125	PVC	175,13
160	PVC	214,92
200	PVC	260,40
250	PVC	317,25
315	PVC	212,63
130	PEAD	282,96
150	PEAD	300,96
190	PEAD	336,94
230	PEAD	372,93

Tabela 8 Custos unitários novos dos ramais em função do DN e material

Os custos unitários obtidos na Tabela 8 para os diferentes ramais, vão ser adicionados ao cálculo

do valor de substituição/reabilitação do ramal e a vida útil não vai entrar no cálculo (Equação 5), tendo em conta os dados da Tabela 9.

ipid	Cmp	Novo DN	Material_instalar	Valorsubstituição
ramal.96	8	190	PEAD	2695,54
ramal.97	12	160	PVC	2579,04
ramal.98	13	190	PEAD	4380,26
ramal.99	14	150	PEAD	4213,37
ramal.100	14	150	PEAD	4213,37
ramal.101	15	160	PVC	3223,80
ramal.102	8	160	PVC	1719,36
ramal.103	8	130	PEAD	2263,69
ramal.88	10	200	PVC	2604,00
ramal.89	11	160	PVC	2364,12
ramal.90	7	160	PVC	1504,44
ramal.91	8	250	PVC	2538,00
ramal.92	6	200	PVC	1562,40
ramal.93	6	230	PEAD	2237,59
ramal.94	7	230	PEAD	2610,52
ramal.95	7	200	PVC	1822,80
ramal.112	6	150	PEAD	1805,73
ramal.113	5	190	PEAD	1684,72
ramal.1	8	230	PEAD	2983,45
ramal.2	6	200	PVC	1562,40
ramal.3	5	315	PVC	1063,13
ramal.4	6	250	PVC	1903,50
ramal.5	6	190	PEAD	2021,66
ramal.6	9	190	PEAD	3032,49
ramal.104	9	190	PEAD	3032,49
ramal.105	9	150	PEAD	2708,60
ramal.106	11	160	PVC	2364,12
ramal.108	7	160	PVC	1504,44
ramal.109	6	130	PEAD	1697,77
ramal.110	6	160	PVC	1289,52
ramal.111	3	160	PVC	644,76
ramal.64	5	160	PVC	1074,60
ramal.65	4	230	PEAD	1491,72
ramal.66	4	200	PVC	1041,60
ramal.67	5	230	PEAD	1864,66

ramal.68	7	230	PEAD	2610,52
ramal.69	5	200	PVC	1302,00

ipid	Cmp	Novo DN	Material_instalar	Valorsubstituição
ramal.71	9	190	PEAD	3032,49
ramal.56	8	190	PEAD	2695,54
ramal.57	8	200	PVC	2083,20
ramal.58	6	315	PVC	1275,75
ramal.59	7	250	PVC	2220,75
ramal.60	6	190	PEAD	2021,66
ramal.61	6	190	PEAD	2021,66
ramal.62	6	190	PEAD	2021,66
ramal.63	8	150	PEAD	2407,64
ramal.80	8	150	PEAD	2407,64
ramal.81	6	160	PVC	1289,52
ramal.82	8	160	PVC	1719,36
ramal.83	6	130	PEAD	1697,77
ramal.84	6	200	PVC	1562,40
ramal.85	6	150	PEAD	1805,73
ramal.86	9	160	PVC	1934,28
ramal.87	8	230	PEAD	2983,44
ramal.72	17	200	PVC	4426,80
ramal.73	10	230	PEAD	3729,31
ramal.74	17	230	PEAD	6339,83
ramal.75	19	200	PVC	4947,60
ramal.76	14	150	PEAD	4213,37
ramal.77	11	190	PEAD	3706,37
ramal.78	11	190	PEAD	3706,37
ramal.79	10	200	PVC	2604,00
ramal.32	15	315	PVC	3189,38
ramal.33	3	250	PVC	951,75
ramal.34	3	190	PEAD	1010,83
ramal.35	2	190	PEAD	673,89
ramal.36	6	190	PEAD	2021,66
ramal.37	3	150	PEAD	902,87
ramal.38	7	150	PEAD	2106,69
ramal.39	2	160	PVC	429,84
ramal.24	4	160	PVC	859,68
ramal.25	6	130	PEAD	1697,77

ramal.26	11	200	PVC	2864,40
ramal.27	6	160	PVC	1289,52

ipid	Cmp	Novo DN	Material_instalar	Valorsubstituição
ramal.28	3	160	PVC	644,76
ramal.29	2	230	PEAD	745,86
ramal.30	5	200	PVC	1302,00
ramal.31	20	230	PEAD	7458,62
ramal.48	3	230	PEAD	1118,79
ramal.49	4	200	PVC	1041,60
ramal.50	3	150	PEAD	902,87
ramal.51	3	190	PEAD	1010,83
ramal.52	6	190	PEAD	2021,66
ramal.53	7	200	PVC	1822,80
ramal.54	8	315	PVC	1701,00
ramal.55	6	250	PVC	1903,50
ramal.40	5	190	PEAD	1684,72
ramal.41	5	190	PEAD	1684,72
ramal.42	4	190	PEAD	1347,77
ramal.43	6	150	PEAD	1805,73
ramal.44	3	150	PEAD	902,87
ramal.45	6	160	PVC	1289,52
ramal.46	5	160	PVC	1074,60
ramal.47	5	130	PEAD	1414,81
ramal.15	6	200	PVC	1562,40
ramal.16	7	160	PVC	1504,44
ramal.17	10	160	PVC	2149,20
ramal.18	9	230	PEAD	3356,38
ramal.19	10	200	PVC	2604,00
ramal.20	14	230	PEAD	5221,03
ramal.21	9	230	PEAD	3356,38
ramal.22	6	200	PVC	1562,40
ramal.7	12	150	PEAD	3611,46
ramal.8	9	190	PEAD	3032,49
ramal.9	6	190	PEAD	2021,66
ramal.10	7	200	PVC	1822,80
ramal.11	8	315	PVC	1701,00
ramal.12	21	250	PVC	6662,25
ramal.13	13	190	PEAD	4380,26

ramal.14	26	190	PEAD	8760,52
ramal.23	14	190	PEAD	4717,20

ipid	Cmp	Novo DN	Material_instalar	Valorsubstituição
ramal.114	19	150	PEAD	5718,15
ramal.115	11	160	PVC	2364,12
ramal.116	8	160	PVC	1719,36
ramal.117	8	160	PVC	1719,36
ramal.118	3	130	PEAD	848,88
ramal.119	6	200	PVC	1562,40
ramal.120	12	160	PVC	2579,04
SUM				280299,33

Tabela 9 Cálculo do valor previsto unitário dos ramais

Para o cálculo dos custos das novas infraestruturas obteve-se os valores atuais e de substituição, da mesma forma delineada nas expressões do cálculo do IVI das condutas (Equação 8), no qual se divide o valor total atual (135160,83€), sobre o valor total previsto (280299,33 €).

$$IVI = \frac{\text{Valor Atual da Infraestrutura (estimado)}}{\text{Valor de Reabilitação da Infraestrutura}} = \frac{135160,83}{280299,33} \quad (13)$$

$$= 0,48$$

Equação 8 Cálculo do IVI para os ramais

O resultado obtido para o IVI dos ramais (Equação 8) foi de 0,4822 (resultado semelhante, com um ligeiro desvio comparado ao das condutas). Como os dados das captações são semelhantes aos dos ramais no QGIS, as fórmulas de cálculo e o IVI vai ser abordado da mesma forma, decidiu-se referir esta infraestrutura no subsistema de IVI, mesmo faltando os dados ao longo do projeto.

Verificou-se que para alguns dos dados das Tabela 5 e Tabela 9, abordam com um grau maior de detalhe as estruturas internas de armazenamento e de mapeamento dos dados geográficos, coisa que poderá ser dispensável no cálculo do IVI em algumas EG. Desta forma, foi necessário englobar e verificar quais deles se vão inserir no subsistema de IVI e sistema DECIdE, através de um ponto de vista de arquitetura do sistema.

As camadas da arquitetura delineada para o DECIdE (Figura 2) afetadas vão ser a 2ª e 3ª camada, visto que vão auxiliar na estruturação dos dados, no suporte, observação e superação de certos paradigmas do IVI nas camadas em questão, mas também nos processos lineares deste modelo (*inputs* para o subsistema), de forma a que os utilizadores e as entidades entendam o contexto (fase da idealização do *Design Thinking*). Deste modo as camadas vão ser organizadas de acordo com a disposição da informação e as componentes da camada tecnológica.

Consoante a utilização de uma certa rede, ou infraestrutura, vão existir sempre diferentes necessidades e exigências nas EG, tornando-se assim essencial selecionar as infraestruturas com potencial de serem reabilitados em função dessas necessidades. A inserção deste novo subsistema tendo em conta os dados da EG teste, deve interligar os diferentes dados e módulos, de forma a facilitar a sua adaptação, acessibilidade e que responda às necessidades das EG na reabilitação das infraestruturas.

Enquadrando estes aspetos no desenvolvimento do subsistema, o *mockup* final vai apresentar os dados finais/visualizados na *dashboard* do DECIdE (Tabela 10), focando-se assim no que vai ser essencial para o sistema e futuras soluções

Campos	Descrição	Valores
1	Área de Análise	String
2	Período Temporal	Date
3	Tipo de infraestrutura	String
4	Tipo de métrica	String
5	Valor atual	Decimal
6	Valor de substituição	Decimal
7	Tipo de métrica	Avaliação de Desempenho; Depreciação de custos; entre outras.
8	Valor do IVI	Valor decimal, entre 0 e 1.
9	Dados Adicionais	Gráficos, Rede de distribuição, entre outros.

Tabela 10 Dados finais/visualizados no Dashboard do DECIdE

De acordo com o seu nível de detalhe e dependência, estes campos podem ser adaptados de acordo com o tipo de Entidade, esses mesmos campos podem ser delimitados devido à sua dispersão (certas EG podem optar por diferentes variáveis, ou gráficos). Vai existir assim uma maior diversidade ao nível dos ativos, manifestada na exploração da qualidade dos serviços, podendo fazer parte do processo de tomada de decisões.

Existe a possibilidade de facilitar a automatização e localização de eventos individuais, reduzindo assim o tempo necessário para a reação e eliminação das falhas dos dados da Tabela 10. A implementação deste subsistema, vai ser desenvolvida com o auxílio das ferramentas do SIG, inserção/atualização de certas tabelas na BD, bem como inserção de fórmulas numa API, de forma a verificar as atividades operacionais, de reabilitação e associar os benefícios do IVI num processo de decisão sobre uma infraestrutura.

Apesar de se focar o problema numa perspetiva de desempenho, as manutenções também

podem abranger seções saudáveis das condutas, dependendo da métrica em análise, mesmo que a rede esteja com um bom desempenho e qualidade. Por virtude, a proposta do subsistema vai auxiliar as EG nos aspetos de disponibilidade, fiabilidade das infraestruturas e na otimização das atividades de manutenção das mesmas, desta forma no subcapítulo 3.3 Modelo Proposto apresenta-se a proposta do modelo do subsistema IVI a integrar com o sistema DECIdE, bem como a sua arquitetura de referência e a modelação dos dados em UML.

3.3 Modelo Proposto

No aspeto de promover o desenvolvimento da solução com um maior grau de acessibilidade, sistemático e de fácil compreensão, não só para resolver as ligações entre as infraestruturas, mas também para toda a rede, garantindo a qualidade das intervenções, assegurando ao mesmo tempo as exigências de desempenho e de eficiência de reabilitação, comparado ao de construção da rede. Os dados analisados no subcapítulo 3.2 Análise da Situação Atual (análise da situação atual), abordam uma perspetiva voltada para os ativos, traduzindo-se assim num modelo que explora soluções complexas e exaustivas, de forma a dar valor à gestão dos ativos. Nesta perspetiva, assume-se que os ativos vão ter a mesma durabilidade e vida útil para toda a rede, logo de um ponto de vista de avaliação de desempenho e de custos, o potencial das infraestruturas pode não estar a ser aproveitada ao máximo.

Para que seja possível explorar e realizar a transformação dos dados neste aspeto é necessário que existam pontos bem distribuídos na rede, onde a informação relativa aos indicadores esteja bem explícita, servindo assim de interligação entre os diversos aspetos do DECIdE e do IVI. Vai ser necessário representar os passos, que garantam o desenvolvimento do *mockup* final.

Tendo em conta a apresentação do *mockup*, desenvolveram-se as métricas com base neste artigo, bem como no artigo de Amaral, Alegre & Matos (2016), para solucionar, e adaptar melhor com outros módulos já existentes no DECIdE. Para isso vai ser necessário na fase de definição e idealização do *Design Thinking*, realizar-se uma verificação aos módulos existentes do DECIdE e obter *insights* sobre os parâmetros e paradigmas, para o desenvolvimento desta solução.

Um dos aspetos deste modelo é que as etapas podem ser trocadas, conduzidas simultaneamente e repetidas várias vezes para expandir o espaço das soluções, para conseguir obter uma perspetiva melhor. Verificou-se de seguida quais é que foram estabelecidas na fase de idealização:

- Estabelecer e gerar um documento de planeamento e execução do processo: este documento torna visível qual o impacto que irá ter sobre o sistema, nas EG, e membros

envolvidos no processo. Permite além disso uma melhor compreensão sobre a arquitetura e o fluxo de informação do subsistema IVI;

- Planeamento do Processo: determina quais são os objetivos com esta implementação, as suas etapas, bem como a execução do mesmo;
- Designação das funções: nesta fase é apresentada quais as funções existentes e quem tem autoridade sobre essas funções;
- Identificar a forma de execução: suporta o processo através de formações e de desenvolvimento de competências de quem executa determinadas funções no subsistema;
- Monitorização e controlo: envolve medir a forma como o subsistema está a desempenhar sobre as áreas delineadas;
- Avaliação do desempenho da solução: fornece os resultados da implementação do subsistema, se o processo ficou bem delineado e se ficou tudo esclarecido;
- Realização de ações com as EG: o resultado desta implementação é avaliado pelas EG, que por sua vez transmitem uma orientação geral para o desenvolvimento de soluções e a sua monitorização.

Estas etapas nem sempre vão ser sequenciais, visto que nenhuma segue uma ordem específica, podem ocorrer frequentemente em paralelo e repetir-se, tendo em conta o *Design Thinking*. Como tal, devem de ser entendidas como diferentes modos que contribuem para o panorama geral, em vez de passos sequenciais. A primeira forma objetiva deste modelo de IVI, abordada na Equação 1, é de uma abordagem estável, tendo em conta os dados existentes na rede de distribuição fictícia.

As diferentes métricas a serem obtidas para este modelo, vão permitir aos utilizadores analisarem as suas redes tendo em conta as diferentes óticas (funcionamento, qualidade e desempenho das infraestruturas), no cumprimento do SAA. Foram utilizadas as métricas da Figura 7, deste modo o modelo proposto abrange também a qualidade do serviço das infraestruturas e não só se focar numa perspetiva de finalização, tendo em conta a arquitetura delineada na **Error! Reference source not found.**

De acordo com Amaral, Alegre & Matos (2016), as métricas da Figura 7 vão afetar as camadas 2 e 3 da arquitetura aplicada ao DECIdE (Figura 2), uma vez que os dados importados apresentam informação necessária para responder a estas métricas diferentes. Tornou-se assim fundamental identificar que na estratégia de investimentos de IVI, os resultados vão apresentar aspetos nas diferentes abordagens e perspetivas dos custos reais.

Calcular os custos e o IVI a partir de numa certa métrica, torna-se complexo para o modelo, uma vez que o indicador de medição de roturas e da qualidade da água na infraestrutura para a abordagem voltada para os serviços apresenta uma discrepância, de EG para EG o que por sua vez afeta o processo geral da rede de distribuição.

Strategic objectives	Metrics	Reference values Good; Fair; Poor
Protection of user interests	AA03 – Service interruptions [n°/(1,000 connections.year)]	[0.0;1.0]; [1.0;2.5]; [2.5; + ∞]
Operators sustainability	AA08 – Non-revenue water (%)	[0;20]; [20;30]; [30;100]
	AA11 – Mains failures [n°/(100 km.year)]	[0;30]; [30;60]; [60; + ∞]
Environmental sustainability	AA13 – Real water losses [l/(connections.day)]	[0;100]; [100;150]; [150; + ∞]

Figura 7 Métricas aplicadas ao modelo de IVI (Amaral, Alegre, & Matos, 2016)

Tendo em conta o campo 7 da Tabela 10 as métricas de estratégia de sustentabilidade operacional e ambiental delineadas na Figura 7, só poderão ser utilizadas no modelo atual, depois de se terem preenchidos os módulos de Balanço Hídrico e Energético, visto que alguns dos campos necessários para obter as métricas estão inseridas nos mesmos, auxiliando assim nestas lacunas.

O estado da conduta/tubagem num reservatório de serviço tem um efeito significativo no desempenho da qualidade da água, mas por outro lado se não se souber a sua durabilidade e condição da tubagem ela pode ou não ter influência na estabilidade estrutural global do reservatório. Adicionalmente, estes fatores vão influenciar o IVI de um modo direto, embora em certas situações nem sempre se verifica isso.

Como o IVI permite fazer a ligação entre os diferentes aspetos das duas abordagens apresentando assim um modelo eficaz para a situação atual, também consegue dar informação necessária para as EG desenharem um bom relatório/documento de investimentos. Por consequência elas precisam de todo o tipo de informação para ajudar no processo de decisão e auxiliar outros indicadores/módulos, conseguindo assim uma reabilitação mais precisa/detalhada.

Com as três primeiras fases da metodologia delineadas, avançou-se para o modelo que dê resposta aos requisitos iniciais, tendo como base o Anexo 1 Gráfico Entidade Relação e o **Error! Reference source not found..** Considerando que, para crescer, o modelo foi proposto para identificar e responder às várias necessidades e desafios empresariais que as empresas

podem vir a enfrentar, que por sua vez se vai alterar ao longo do tempo, com base no feedback (materialização de soluções com o menor esforço possível).

Os resultados comprovam que as práticas gerais do IVI são transferíveis, de modo a criar um modelo com auxílio da metodologia, bem como das capacidades básicas de integração e disponibilização. Este reconhecimento abrange a necessidade de utilizar o *Design Thinking* conceptual com outros aspetos do mesmo, para que as fases de processo, métodos e ferramentas para as capacidades e conhecimentos do voltadas para os utilizadores. Verificando-se assim que a fase de testar e recolher o *feedback* dos utilizadores pode ser um dos aspetos cruciais, de forma a garantir que o design esteja de acordo com os procedimentos estabelecidos (Fidelizarte, 2019). Propôs-se então a adoção de uma abordagem que integre certos aspetos orientados aos serviços na abordagem tradicional do IVI, de acordo com Alegre, Vitorino & Coelho (2014), uma vez que vai beneficiar os planos infraestruturais, proporcionadas pela estratégia do subsistema que está a ser implementado. Tanto o número de áreas de aplicação e técnicas das perspetivas do IVI, vão entrar no desenvolvimento das soluções de acordo com o modelo de metodologia e abordagem escolhido, sendo que o seu objetivo depende da organização das infraestruturas em estudo, de forma a reduzir o tempo de obtenção dos dados e obter uma melhor gestão dos mesmos.

As técnicas de gestão dos *metadados* e modelação de dados vão ser utilizadas no desenvolvimento do modelo de conteúdo. Existem dois níveis de modelação: a primeira está ao nível do produto de informação, o que cria uma *deliverable* como um website; a segunda encontra-se ao nível dos componentes, que detalha ainda mais os elementos que compõem o modelo do produto de informação. O nível de detalhe no modelo vai depender da profundidade dos dados das EG, da reutilização e estruturação dos mesmos.

Os processos podem tornar-se complexos ao combiná-los através das diferentes áreas, visto isso decidiu-se utilizar a Linguagem de Modelação Unificada (UML), com o objetivo de representar visualmente os recursos já especificados anteriormente, bem como aplicar e interligar as componentes envolvidas no modelo de Entidade Relação (ER) com o novo modelo (através das ferramentas já existentes). Deve se certificar de que apresenta meios e recursos para satisfazer os requisitos, relativamente aos serviços e componentes disponibilizadas.

Uma das boas práticas a adotar no final de cada fase de atualização/manutenção, vai ser a certificação do seu modelo de dados físicos mais recente e verificar se ainda é consistente com o seu modelo de dados lógico correspondente. Inicialmente utilizou-se o diagrama de componentes da UML, com a finalidade de destacar os principais elementos envolvidos e ilustrar as diferentes estruturas/fluxos das diferentes áreas, sejam elas na modelação dos

elementos e de entidades, para que seja fácil integrá-lo com o modelo atual do DECIdE.

De acordo com o DMBOK (2017), para descrever os elementos deste novo diagrama e gerir os metadados, foi necessário utilizar-se diferentes ferramentas de resposta/auxílio na fase de definição e idealização, uma vez que o modelo de ER, do DECIdE abordado no Anexo 1 Gráfico Entidade Relação, vai servir de ponto de partida para o desenvolvimento e interligação das diferentes soluções. Logo deve de existir pelo menos um ou mais componentes, que vão representar os pontos de ligação das novas soluções, com isso desenvolveu-se o diagrama de componentes, que permite obter e descrever o novo subsistema, bem como o fluxo dessas ligações dos metadados entre as componentes.

Dentro do diagrama de componentes da Figura 8, introduziram-se 3 níveis necessários para o funcionamento da plataforma: a Interface que apresenta a componente visual do DECIdE, sejam ele os módulos, processos, atividades API e interação do utilizador com a mesma; o C1 apresenta a informação de *backend* do DECIdE (servidores e BD), interligada à Interface e no C2 são apresentados os *dashboards* inseridos na Interface (Silva, 2015).

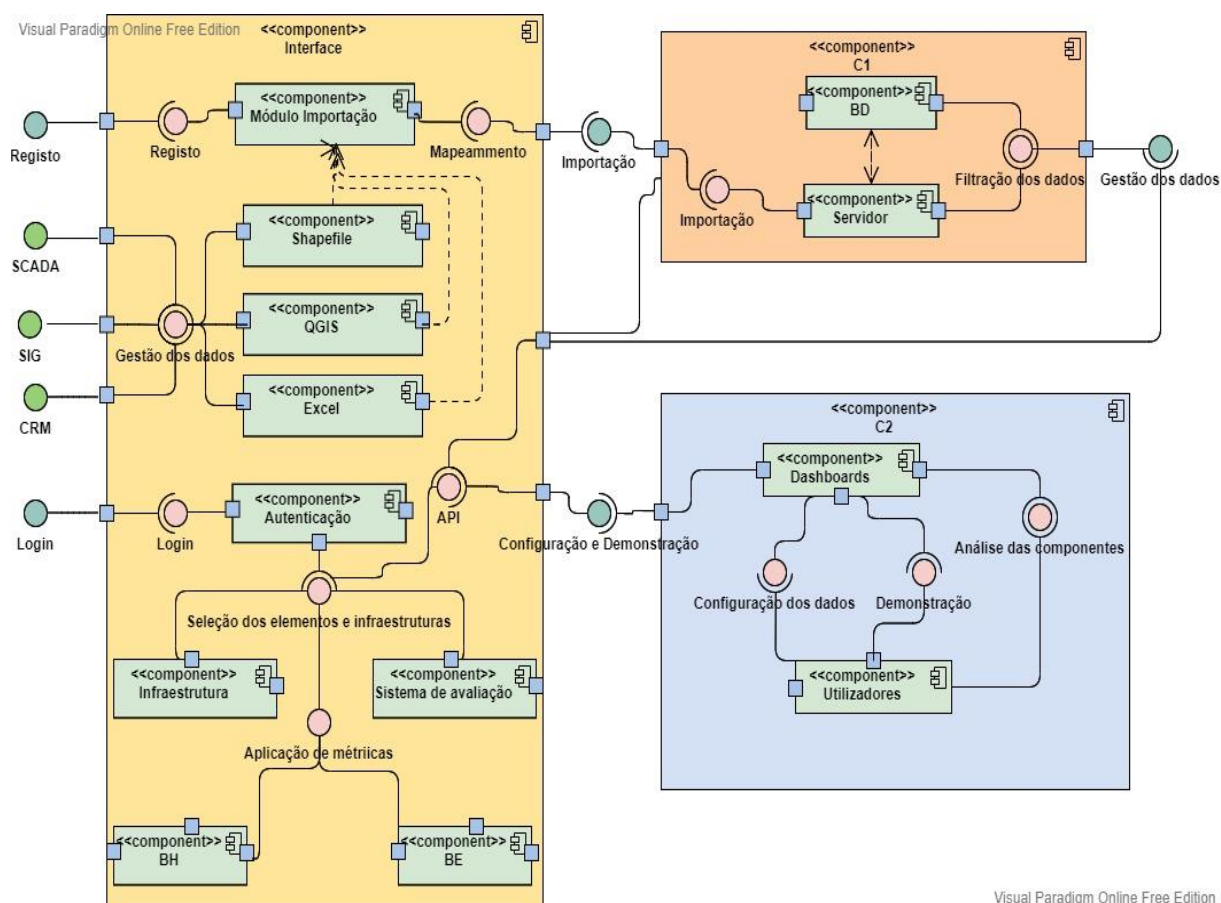


Figura 8 Diagrama de componentes atual

O diagrama de componentes vai apresentar uma envolvente voltada para a importação e mapeamento das infraestruturas, uma vez que no contexto analisado, observou-se a constituição e a resposta do novo subsistema para com os diferentes módulos face aos SAA, uma vez que

proporciona a identificação de diferentes soluções de gestão, desenvolvidos a partir das tecnologias disponíveis, para um melhor mapeamento da rede. Toda a informação e alterações realizadas a qualquer processo/componente da Figura 8, devem de ser documentadas e mantidas como base, embora os elementos vão exigir indiretamente a presença de determinados fatores ao nível dos processos do modelo, logo as atualizações/mudanças no diagrama atual devem de ser realizadas, caso os requisitos/fatores se alterem, de acordo com as suas agendas.

O diagrama de componentes da **Error! Reference source not found.**, apenas demonstra a estrutura do sistema e não as suas características, o que por sua vez não mostra necessariamente todas as ligações dentro do sistema. Desta forma, no diagrama de componentes do IVI (**Error! Reference source not found.**), dentro das Interface surgiu a configuração depois de se aplicar as métricas, para se conseguir aceder ao subsistema de IVI. A nova API vai ter todos as fórmulas de cálculo relacionados com o IVI, vai ser semelhante à API desenvolvida pela equipa do DECIdE, embora antes da gestão dos dados é necessário fazer a conversão dos dados para se

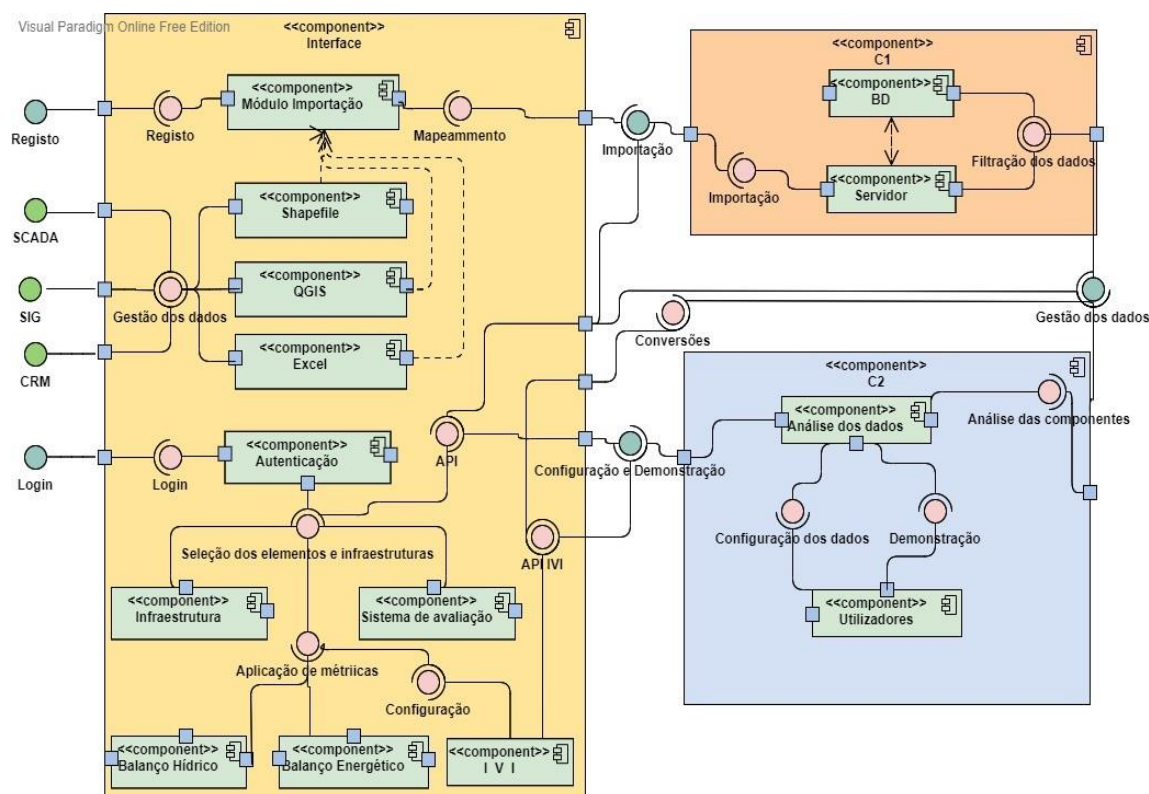


Figura 9 Diagrama de Componentes do Subsistema de IVI

inserir no *backend*.

Os parâmetros envolvidos/configuração variam muito, de EG para EG, logo utilizou-se um conjunto de parâmetros comuns no desenvolvimento do diagrama e componentes do subsistema de IVI (Figura 9), além disso, sempre que seja necessário especificar informações adicionais num diagrama, utiliza-se as notas incorporadas na interface e diversos separadores. Este diagrama permitiu entender a base do DECIdE através das sua diferentes componentes,

parâmetros e funcionalidades, apresenta-se o diagrama de classes do para o IVI (Figura 10) de forma a auxiliar no desenvolvimento da modelo de referência, ajudando as componentes e processos a interligar-se com o modelo atual/novo, bem como a visualização e mapeamento dos dados entre os mesmos e *data stores* para os sistemas.

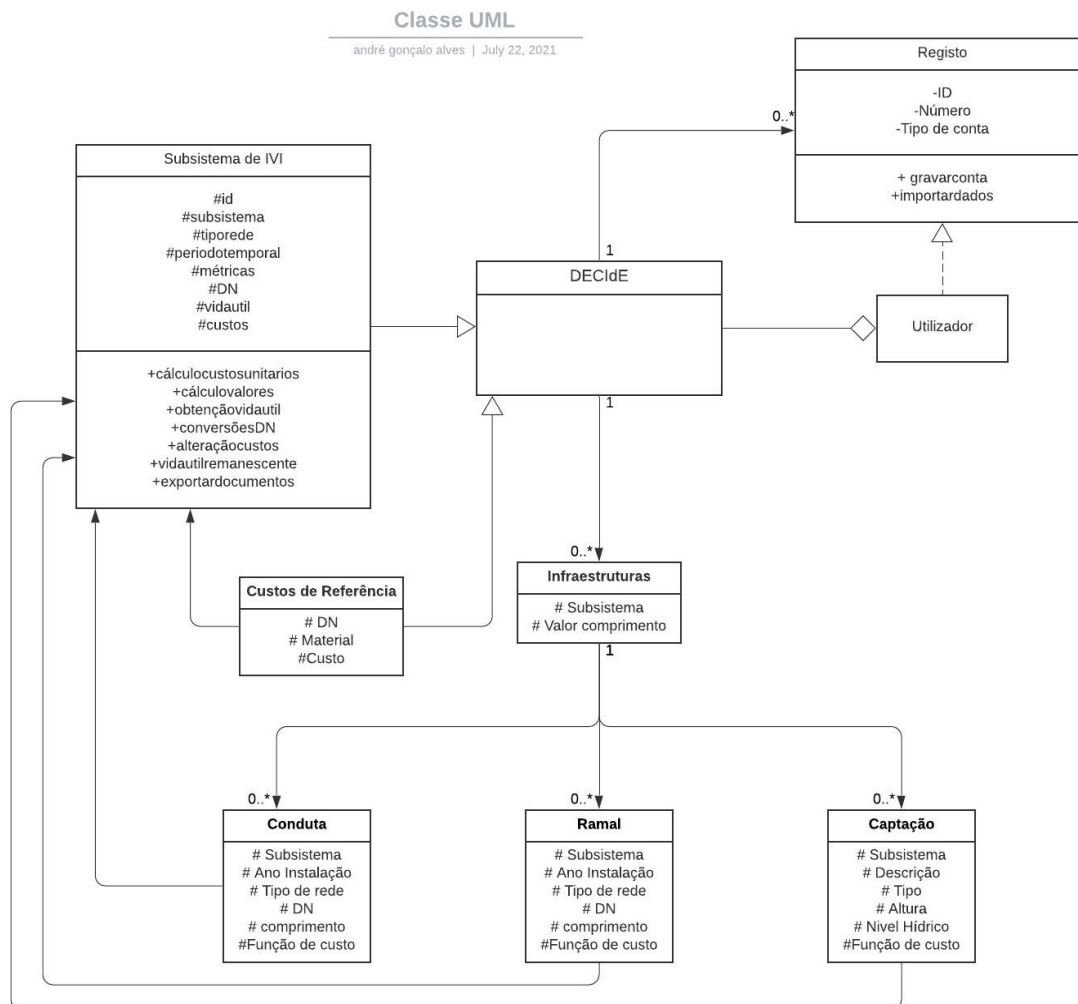


Figura 10 Diagrama de classes do IVI

As atividades/processos da Figura 11, de acordo com Ferreira & Antunes (2020), foram as seguintes:

- Durante o primeiro registo o utilizador, para aceder aos diferentes módulos, tem que importar a informação das infraestruturas, no módulo de Importação de acordo com o documento DECIdE _Teste passa, que por sua vez seleciona o módulo de importação da Entidade em questão, de diversas fontes (*shapefiles*, QGIS, entre outros), para futuramente serem alterados e mapeados no armazenamento, através de diferentes fontes SIG, SCADA e CRM, para serem inseridas no servidor;
- A importação dos dados obriga a que os utilizadores respeitem uma ordem específica

neste processo, dando prioridade a elementos dependentes de outros, apenas devem ser importados se os elementos dos quais dependem tiverem sido importados previamente. Só assim é possível, de forma automática, estabelecer as relações entre elementos;

- Depois de inserido no servidor, os dados vão ser atualizados/introduzidos na BD, que por sua vez, só comunicam um com o outro (*backend*);
- Caso o utilizador já tivesse importado os dados, ao realizar o próximo início de sessão, ele já pode aceder aos diferentes módulos (caixa laranja) e realizar diferentes operações (Infraestruturas, Sistemas de Avaliação, BH e BE). Os dados dos diferentes módulos, por sua vez vão passar por uma API, que envia e atualiza os dados do servidor (seta laranja) e das BD do DECIdE.

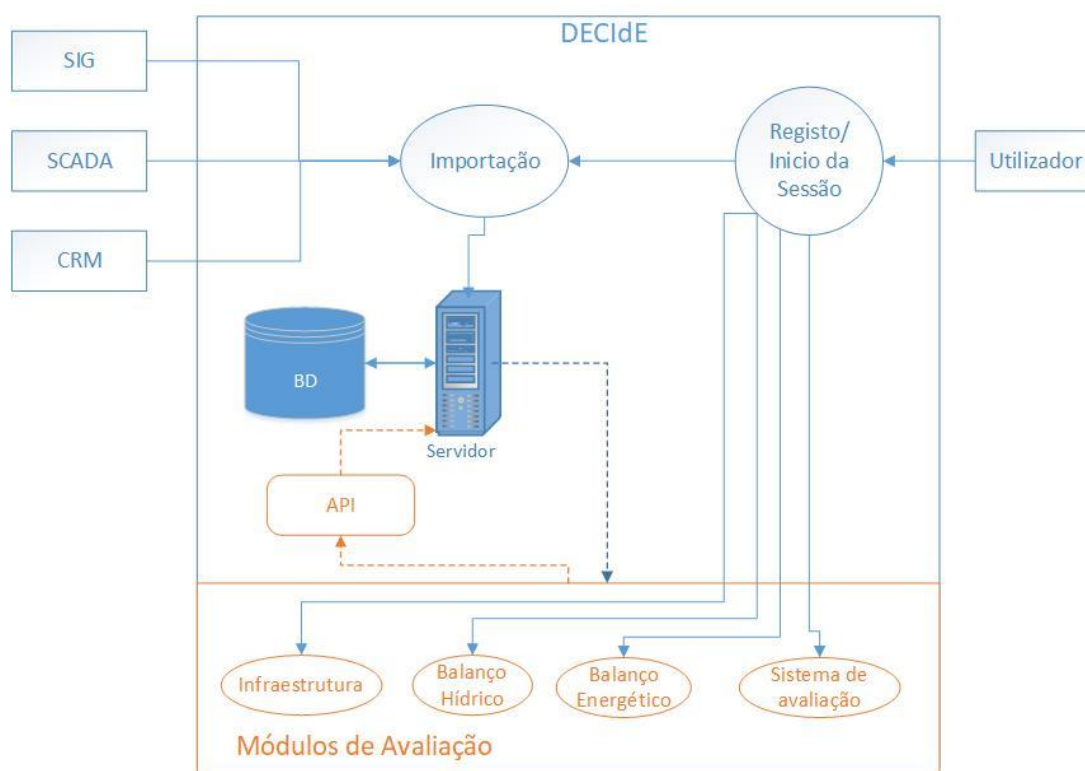


Figura 11 Framework Geral DECIdE

O utilizador vai conseguir inserir/filtrar os campos da infraestrutura, realizar o mapeamento, dentro da interface, que por sua vez se insere tanto na vertente *backend*, mas também dentro do módulo de IVI, no DECIdE. Deste modo, e com o objetivo de facilitar o processo de apoio à tomada de decisão, foi desenvolvido uma nova *framework*, baseado em diferentes indicadores, períodos temporais e disposição dos dados das redes de distribuição. Para dar continuidade à informação obtida a partir do diagrama, esta nova *framework* introduz quais os parâmetros necessários para realizar a análise aos dados do subsistema e a demonstração dos resultados finais, apoiando assim o processo de decisão.

Tendo por base a *framework* geral do DECIdE (Figura 11), integrou-se o subsistema IVI ao

mesmo nível dos outros módulos na **Error! Reference source not found.** Para este novo módulo da Figura 12 (assinalado a vermelho) foi necessário delinear quais as etapas necessárias para o seu funcionamento. Seguindo os mesmos passos dos outros módulos, realiza-se o mapeamento e a filtração dos campos iniciais, de forma a que o utilizador possa seleccionar qual o tipo de infraestrutura a ser avaliada (condutas, ramais) no subsistema IVI (Ferreira & Antunes, 2020).

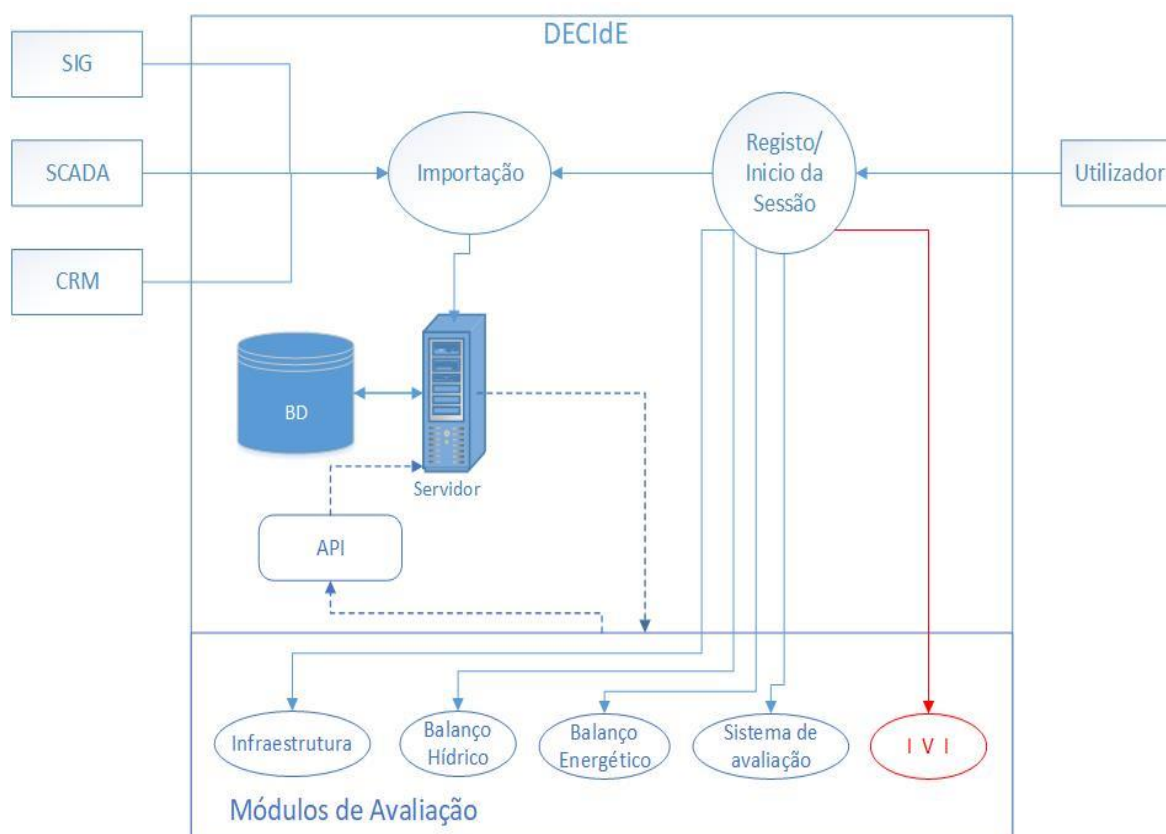


Figura 12 Framework DECIdE com subsistema IVI

Dentro deste subsistema vai entrar as métricas delineadas na Figura 7, de forma a contabilizar e regular o processo de distribuição e entrega eficaz do serviço. Os dados inseridos neste processo vão ser auxiliados com certos documentos da ERSAR (2020), de forma a serem calculados os custos unitários de cada infraestrutura. Depois de se obterem estes dados estes vão ser convertidos e calculados, através de uma API, com base nas expressões e componentes apresentadas no Capítulo 3.2 Análise da Situação Atual e aceder à componente *backend*. Obtendo os dados finais do IVI, estes vão ser inseridos e alterados no Servidor e atualizados na BD (exclusivo a este módulo) e o utilizador tem a opção de exportá-los para qualquer formato. De acordo com a Figura 13, depois dos dados serem apresentados no DECIdE através de *dashboards* e introduzidos no servidor e na BD para as EG/utilizadores visualizarem, vai ser possível observar quais as infraestruturas que necessitam de manutenção e investimento, através dos gráficos e redes de distribuição (Ferreira & Antunes, 2020). A API (Figura 13)

criada para o subsistema vai ter a finalidade aceder à BD converter os DN e tipos de materiais, ao mesmo tempo que calcula os valores tendo em conta as expressões da Equação 1, Equação 3, Equação 4, Equação 5, Equação 7.

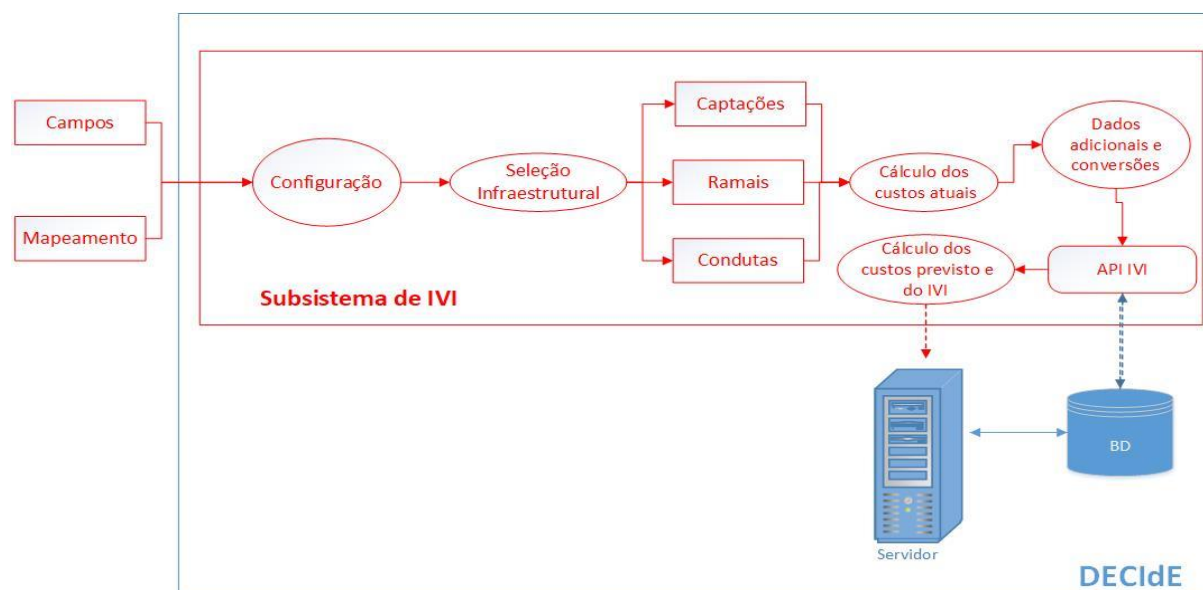


Figura 13 Framework de Funcionamento do subsistema IVI

Por consequência a especificação das soluções de reabilitação das infraestruturas, pode ser considerado um processo complexo e altamente subjetivo devido à dependência de outros fatores, visto que podem estar associados ao desempenho dessa infraestrutura, que por sua vez pode influenciar o seu IVI, mas nem sempre se verifica isso. O estado da tubagem num reservatório de serviço tem um efeito significativo no desempenho da qualidade da água, mas por outro lado a condição da tubagem tem pouca ou nenhuma influência na estabilidade estrutural global do reservatório. Tendo em conta estes aspetos o subsistema de IVI, vai-se adotar também características voltadas para o serviço, que de acordo com Amaral, Alegre & Matos (2016), permitem explorar o IVI de uma ótica de durabilidade e funcionalidade para com os sistemas.

Ao se integrar esta ótica no subsistema através das diferentes métricas permite assim um resultado específico e rigoroso tendo em conta, que se interliga a dois módulos do DECide (Balanço Hídrico e Balanço Energético). De acordo com Amaral, Alegre & Matos (2016) o desempenho em algumas infraestruturas antigas é considerado melhor do que algumas áreas mais recentes, uma vez que existem fatores que as condicionam (durabilidade, pavimento, ZMC, entre outros).

Verificou-se que com o passar do tempo essas condicionantes podem afetar a reabilitação de algumas infraestruturas, o que por sua vez afeta o desempenho da infraestrutura (logo uma abordagem de serviços, para este caso permanece imutável). O subsistema de IVI embora

apresente métricas e componentes diferentes tendo em conta a Figura 13, no fim vai não só satisfazer os requisitos, como também fornece documentos práticos para a situação que a EG necessita.

Seguindo a mesma orientação da Figura 13, os cálculos realizados para o IVI sobre as infraestruturas delineadas no modelo (condutas e ramais), bem como os dados demonstrados nas Figura 5 e Figura 6, tiveram como base uma rede/dados protótipo (EG teste), uma vez que os dados inseridos de acordo com as diferentes EG, encontram-se em constantes alterações. Para se realizarem testes ao módulo de IVI e inseri-los na plataforma DECIdE, utilizaram-se os dados de uma EG protótipo, designada por EG teste, com todos os dados necessários à completa utilização da plataforma. Foi simulado um ano de consumos (ao nível das infraestruturas), de faturação (ao nível dos clientes) e de ordens de serviço, contemplado entre outubro de 2019 e setembro de 2020.

Na zona “Área de análise” o utilizador deverá selecionar diversas combinações de áreas de análise (i.e., ao nível da rede, ao nível das métricas ou ao nível dos ativos). Relativamente ao Período de análise, deverá se selecionar o dia corrente (será selecionado um ano anterior à data corrente, de forma a que o subsistema consiga realizar o cálculo dos custos unitários atuais (Ferreira & Antunes, 2020). Os *inputs* que o utilizador necessita de introduzir/selecionar no módulo vão ser os seguintes:

- Dados gerais da área de análise em questão;
- Período temporal a analisar;
- Tipo de Infraestrutura;
- Métrica em análise;
- Comprimento da infraestrutura;
- Tipo de material a substituir;
- Novo Diâmetro Nominal (DN);
- Novo ano a analisar.

Apresentado os *inputs*, de seguida serão demonstrados os passos necessários para realização do IVI ao nível da entidade. O modelo proposto baseou-se na estrutura do módulo do Sistema de avaliação, demonstrada na **Error! Reference source not found.**, no qual o utilizador deverá selecionar o tipo de infraestrutura (i.e., condutas, ramais, entre outros) e Período de análise (deverá selecionar o ano em questão). Os critérios/*inputs* considerados neste *mockup* vão ser apenas exemplos de critérios que podem ser utilizados na aplicação do método, não devendo, por isso, ser entendidos como qualquer tipo de recomendação à aplicação do IVI em geral.

Sendo assim estes *inputs* ao longo do tempo poderão alterar, tendo em conta as necessidades e agendas das EG.

O utilizador consegue selecionar, dentro do *mockup* da Figura 14 (Valoração das Infraestruturas), quais os tipos de componentes a separar por ativo, distribuição e tipo de rede, bem como o seu período temporal. Consegue-se também consultar a tabela dos custos unitários da Tabela 2, Tabela 4, Tabela 6 e Tabela 8 através do símbolo ao lado da seta azul, embora os dados relativamente aos mesmos e a dados adicionais (expressões dos cálculos dos tipos das infraestruturas, bem como as conversões dos DN), vão ser inseridos nos *settings* da plataforma. Para isso, foi necessário automatizar o cálculo e conversão destes dados adicionais, logo utilizou-se uma API, de forma a obter os resultados dos custos e do IVI.

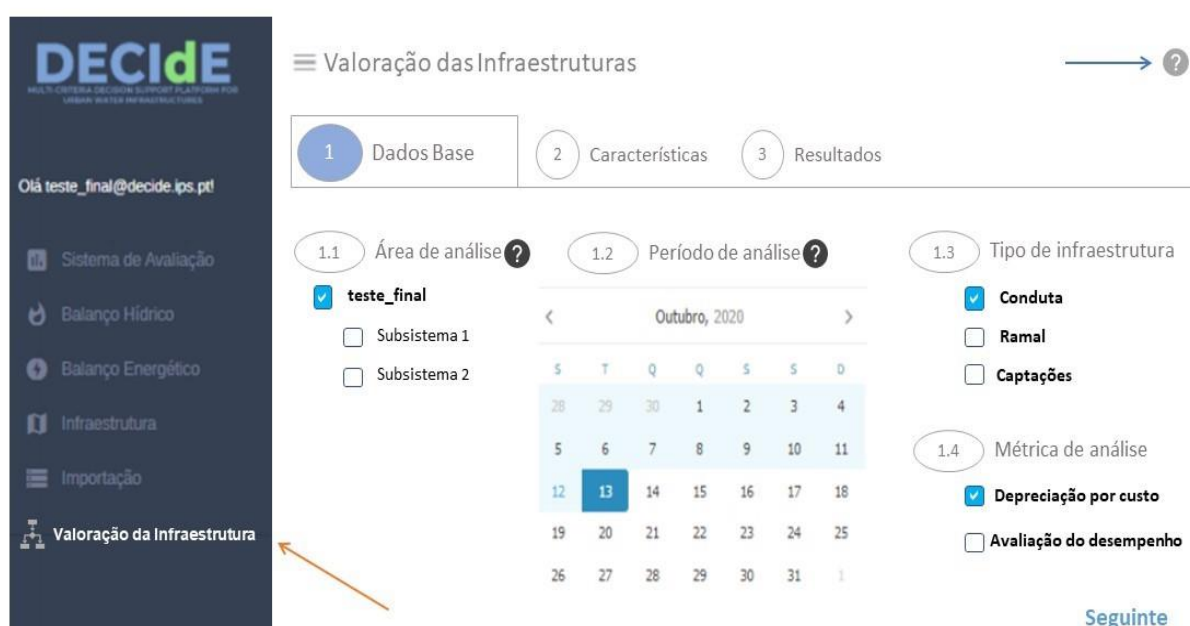


Figura 14 Mockup Valoração de infraestruturas (1ª passo)

As métricas de análise aplicadas às diferentes infraestruturas, inicialmente vão ser inseridas em uma ótica de depreciação de custos e avaliação de desempenho, verificada na Figura 14, embora as métricas da Figura 7, mexam/necessitam de alguns dados fornecidos pelos módulos dos balanços. Selecionados os dados da Figura 14, foi necessário introduzir novas variáveis tendo em conta determinada infraestrutura, com isso apresenta-se no separador das Características (**Error! Reference source not found.**) com esses novos campos.

Para o campo do novo período em análise, o comprimento da rede já vai estar com o valor preenchido na BD. No período temporal da Figura 15 o valor tem que ser superior em média de 1 ano, comparado ao ano selecionado na Figura 14, visto que, certas infraestruturas vão sofrer alterações ao nível do seu DN e custo unitário, para isso foi necessário identificar o novo no período temporal (posterior há data selecionada).

Figura 15 Mockup Valoração de infraestruturas (2ª passo)

Depois de se inserir os dados de análise, vão ser enviados vários pedidos/*queries* para a BD, com os dados selecionados, que por sua vez é devolvido, para a nova *mockup* da Figura 15, com os novos campos adicionais para completar o cálculo do IVI. No caso da Figura 15, quando o utilizador insere os dados e finaliza a operação, ao clicar no seguinte, os pedidos/dados vão ser enviados inicialmente para a BD, através de *queries*, de forma a aceder à tabela das conversões dos DN e dos custos. Os pedidos também vão ser enviados para uma API, que vai ter como finalidade converter os DN atuais para os previstos, bem como realizar o cálculo dos valores atuais e previstos, de forma a se conseguir obter os dados necessários para o IVI (seguindo a mesma perspetiva do capítulo 3.2 Análise da Situação Atual). Estas fórmulas vão ser diferentes para cada EG, uma vez que apresentam diferentes objetivos e fatores para a rede de distribuição.

Depois dos dados serem processados, calculados e filtrados tanto na BD, como na API e da plataforma ter recolhido os dados automaticamente, os *outputs* apresentados/demonstrados no *mockup/dashboard* da Figura 16 vão ser os seguintes: Valor Atual Infraestrutural; Valor Previsto/Substituição Infraestrutural; Valor do IVI; Vida Útil remanescente; Gráfico linear (pode ser diferente de EG para EG, de acordo com a sua relevância); e Rede de distribuição tendo em conta o seu IVI.

A maior parte destes dados vão ser obtidos a partir de uma API e da BD, à exceção da rede de distribuição obtém os dados do QGIS, visto que foi necessário filtrar a rede e atribuir a categoria, tendo em conta o IVI obtido (vai demonstrar a cor da rede em análise), verificado na Figura 16. Neste caso o gráfico delineado de baixo do período de análise na Figura 16, pode ser observado de uma perspetiva linear, embora dependa de EG para EG, visto que algumas

preferem outro tipo de análise para avaliarem melhor, tendo em conta a distribuição dos dados.

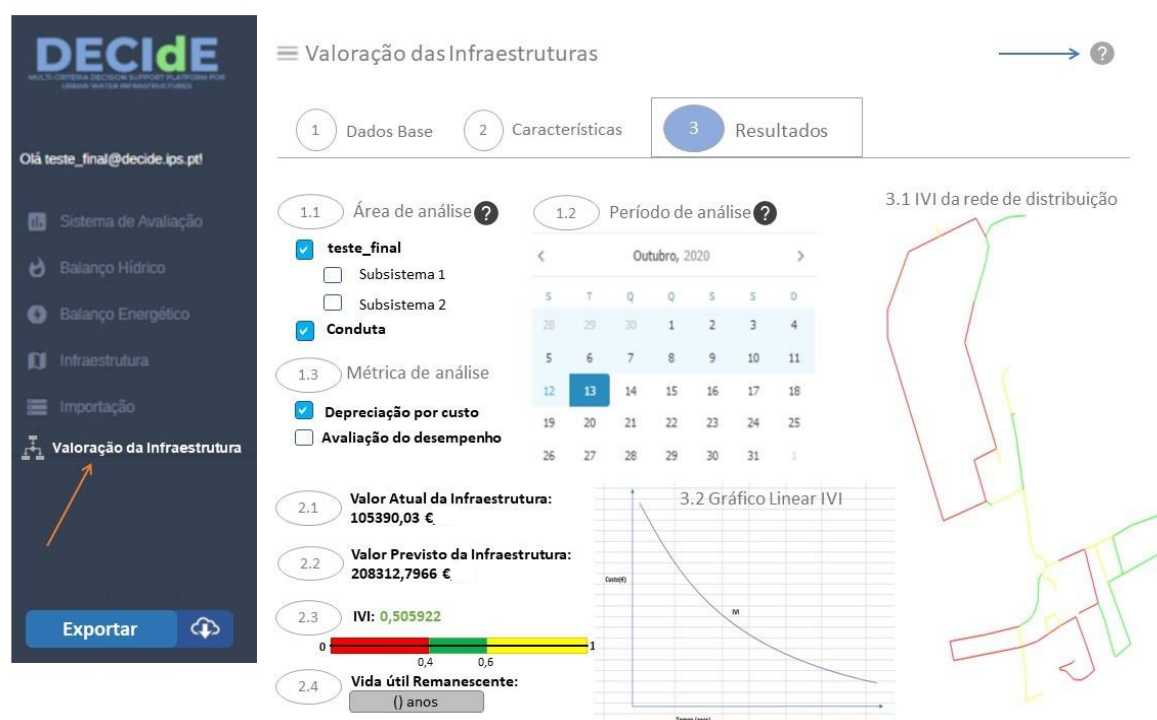


Figura 16 Mockup Valoração de infraestruturas (3ª passo)

Para o utilizador conseguir analisar os dados de uma forma mais ccessível e rápida, é exportá-los no *dashboard*, através do botão exportar demonstrado no módulo da valorização das infraestruturas (seta verde), da Figura 16, que vai ter o propósito de comparar/analisar os dados, tendo em conta a perspetiva escolhida (depreciação de custos, ou avaliação do desempenho). O *dashboard* final permite que o utilizador avalie individualmente cada componente infraestrutural, ajudando assim no processo de decisão e na perceção do estado da mesma. Algumas das alterações que se efetuam na Figura 16, vão depender de inúmeros fatores delineados, como por exemplo o tipo de infraestrutura, período de análise e área em estudo, visto que são valores que mexem com os valores atuais e previstos e o IVI, bem como a vida útil remanescente.

Um dos fatores que se encontra por desenvolver na Figura 14, é o tipo de métrica selecionada, no qual só se consegue selecionar duas métricas (depreciação por custo e avaliação do desempenho) e não as restantes, identificadas na Figura 7. Para se obter as restantes métricas da Figura 7, o utilizador necessita de importar os dados e aceder aos outros módulos que a plataforma apresenta (Balanço Hídrico e Energético), uma vez que certos campos vão ser restringidos/dependentes desses módulos. O preenchimento destas restantes métricas e módulos (Perdas de água, Água não faturada e taxa de falhas), vai ter como base o documento de testes do DECIDE (2020). Depois de se preencher no separador dos resultados os respetivos Balanços,

vai aparecer um botão que leva o utilizador ao módulo do IVI, com as métricas delineadas no ponto 1.4 da Figura 14 e Figura 16. Estas métricas/módulo também podem ser expandidas a outras infraestruturas do DECIdE, neste caso para as bombas, seguindo os mesmos passos que os da Página 55-63, sendo aplicado os custos unitários e expressões da ERSAR (2020), para os diferentes DN e tipos de materiais em questão.

3.4 Perspetiva de uma potencial integração do subsistema no DECIdE

No processo de adaptação das atividades no sistema, propõem-se um conjunto de tarefas que vão estar associados com módulos de infraestruturas e de desempenho das unidades funcionais, inseridas no DECIdE. Antes das tarefas entrarem em funcionamento vai ser efetuado por parte das EG e dos envolvidos do projeto se os dados da BD relativamente às infraestruturas estão em conformidade com o sistema.

De modo a que estas tarefas/inserções estejam alinhadas com a perspetiva adotada e com as atividades diárias, vão ser necessários definir os seguintes pontos, no desenvolvimento de estratégias para o subsistema: definir/adotar o sistema de avaliação corporativa existente, com objetivos orientados para o modelo proposto, critérios de avaliação e métricas; avaliar estas métricas para cada subsistema; normalizar os resultados; avaliar a média ponderada, ou seja, o nível global de cumprimento dos objetivos de cada subsistema; isto é tomado como o IVI dessa área, para o ano a que os dados se referem. Avaliar o IVI global utilizando os custos de substituição de cada subsistema como pesos (Amaral, Alegre, & Matos, 2016).

A implementação do subsistema vai ser discutida inicialmente com a equipa do DECIdE, para depois comunicarem com maior parte das EG envolvidas no projeto. Vai ser incluído as seguintes tarefas: configuração e conversão de dados; integração de sistemas; testes; formação de utilizadores; e implementação do subsistema. O processo começa com a integração da equipa já envolvida no projeto, no qual se aborda as necessidades do subsistema, explorando-se diferentes alternativas, desenvolve-se critérios e obtém-se feedback que possa conduzir a um subsistema completo, bem como a documentação apresentada no Apêndice 1 Template de Caso de Testes. Uma vez testado no nível mais baixo, é integrado nos níveis seguintes e adaptados ao ambiente de produção.

Após a fase de consolidação/definição dos conhecimentos do subsistema estar concluída, o processo de implementação vai entrar na fase seguinte, a de adaptação, na qual se realiza uma análise custo-benefício inerente à implementação do subsistema, também se analisa os detalhes dos vários processos de negócio e devido a isso vai existir um *turnover* dos processos de negócio com o intuito de explorar ao detalhe os seus ativos e rede de distribuição, através do

subsistema IVI. Uma vez que o processo de negócio das infraestruturas é redesenhado e o sistema é personalizado de acordo com a proposta de implementação, a formação adequada é dada aos utilizadores finais, o que por sua vez causa resiliência dos utilizadores, associada à utilização do sistema anterior.

A adaptação também vai englobar ainda a integração nas diferentes unidades funcionais, através da realização de melhorias contínuas para tornar o subsistema fácil de se utilizar e para colmatar vários problemas. O modelo desenvolvido encontra-se integrado com os diferentes módulos do DECIdE, permitindo assim facilitar a gestão do portfólio das infraestruturas relativamente à eficácia e melhoria do desempenho da rede de distribuição de água.

3.5 Limitações do projeto

A realização deste projeto teve como visão inicial uma análise do conceito IVI, a definição de uma metodologia que fundamentasse a componente teórica, e uma fase de construção de um subsistema de IVI, que permitisse analisar a forma como se pode melhorar a gestão dos serviços de infraestrutura. Uma limitação deste estudo está relacionada com a bibliografia sobre a temática do assunto, encontrou-se muitos documentos sobre o tema, mas poucos livros e teorias sobre a questão. Seria interessante obter mais dados para obter uma visão mais alargada das infraestruturas, nomeadamente na avaliação e inserção dos dados reais das EG.

O desenvolvimento do modelo de IVI ficou condicionado, uma vez que a informação sobre a integração do IVI nos sistemas é limitada, o que poderia obter-se diferentes pontos de vistas e referências ao nível da arquitetura de sistemas, do *mockup* e de requisitos. Outra dificuldade foi a pandemia conhecida como COVID-19 que abalou o mundo, afetou e dificultou o desenvolvimento do projeto. Os acessos aos estabelecimentos foram interrompidos, dificultando assim o acesso aos materiais físicos e ao acompanhamento da escolha física das soluções para o subsistema de IVI. Um dos aspetos que impactou mais o desenvolvimento do projeto foi a avaria dos equipamentos pessoais, o que por sua vez levou à solicitação ao IPS.

Com efeito, apesar das dificuldades e limitações mencionadas, acredita-se que o modelo desenvolvido irá trazer valor e credibilidade, no âmbito da gestão patrimonial das infraestruturas e reabilitação das redes, de modo a permitir elaborar propostas de melhoria, ao nível infraestrutural e de decisão.

4 Análise crítica aos resultados obtidos do projeto

Neste capítulo serão apresentados os contributos da integração deste subsistema nos dados do projeto de investigação Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água, denominado DECIdE, descrevendo a sua importância, não só como parte crucial para a conclusão do mestrado, mas também como aprendizagem em trabalhos futuros. Adicionalmente, também são analisadas as dificuldades sentidas ao longo do projeto.

4.1 Desempenho e contributos do projeto

Este projeto revelou-se importante no desenvolvimento teórico e prático, potenciando a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Gestão de Sistemas de Informação (licenciatura e mestrado), no qual permitiu por à prova o estado crítico e reflexivo sobre os problemas e desafios que apareceram ao longo do projeto, nomeadamente na área da Gestão Patrimonial das Infraestruturas (GPI).

O objetivo inicial consistiu no desenvolvimento de uma proposta de implementação de um subsistema de Índice de Valor Infraestrutural (IVI), de forma integrar a plataforma DECIdE. É de salientar que a informação disponível e analisada é de uma Entidade Gestora (EG) protótipo, desenvolvida pela equipa DECIdE, no qual vai ter dados fictícios para responder ao funcionamento do DECIdE. O desenvolvimento das diferentes soluções e métricas aplicadas ao modelo atual vai possibilitar o desenvolvimento mais profundo da rede de distribuição, gestão dos ativos e do portfólio de investimentos.

Durante o processo de desenvolvimento da proposta de subsistema existiu a necessidade de consolidar os dados internos e externos da Base de Dados (BD), podendo ser extraídos e utilizando-os no desenvolvimento de soluções com recursos a diferentes ferramentas (*Quantum Geographical Information System-QGIS*, Sistema de Informação Geográfica-SIG, entre outros) e a uma *Application Program Interface* (API). O *Data Management Body of Knowledge* (DMBOK), serviu de auxílio não só a gestão de dados, como também nos diferentes diagramas e perspetivas para o futuro modelo.

Com auxílio da abordagem de *Design Thinking* e metodologia qualitativa a solução proposta vai ser explorada e construída com base em diferentes perspetivas e métricas, sendo que cada uma delas vai depender da fase de análise e síntese da EG teste. De acordo com o DMBOK (2017), é normal que se criem plano de testes e elaborem a estratégias de testes baseando-se no documento de requisitos que foi abordado, ao longo do Capítulo 3.2 Análise da Situação Atual. Com a análise da informação fictícia da EG teste aplicou-se diferentes perspetivas, no qual se pretendia compreender que o índice de satisfação e de desempenho, da parte infraestrutural de

algumas EG, pode melhorar com o passar do tempo. A avaliação do desempenho deve de ser feita formalmente e não vai ser deixada ao acaso, uma vez que é necessário que as EG avaliem o pessoal, os sistemas já implementados, de forma a fornecer orientações para a implementação do subsistema IVI, isto não só oferece coerência, como também vai permitir que os resultados das avaliações em geral sejam revistos e comparados, de forma a que possam existir oportunidades de melhoria.

O subsistema permite uma melhor avaliação do estado de conservação e de desempenho das infraestruturas, permitindo às EG não só melhorem a gestão dos ativos, como também a avaliação do número de intervenções a nível das infraestruturas e de serviços. Desta forma, antes de se proceder a qualquer tipo de medida, deverá se escolher o momento mais oportuno, para que sejam criadas as condições necessárias, nomeadamente no que diz respeito ao envolvimento de todos os colaboradores, EG, partes interessadas e na disponibilização de recursos.

Por último, a gestão deve não só atribuir responsabilidades relativamente às funções desempenhadas sobre o subsistema, como também assegurar que estas estão a ser comunicadas e compreendidas por parte dos colaboradores. Uma vez identificados os problemas nas infraestruturas, as EG necessitam de reunir os recursos necessários, determinar as ações corretivas, os responsáveis, os prazos de realização, os métodos de avaliação e/ou indicadores de desempenho.

Na altura de implementação do subsistema vai ser crucial que exista um processo de melhoria contínua da qualidade dos serviços implementados, de modo a minimizar ao máximo os riscos das infraestruturas e o tempo de resposta. O subsistema IVI ficando propriamente documentado, vai assegurar um melhor fluxo e capacidade da informação fornecida entre os diferentes módulos, e, por outro, disponibilizando às EG e utilizadores, acesso a um módulo constituído com ferramentas e *dashboards* de apoio à gestão e aos serviços. É a partir do *feedback* que se finaliza este trabalho e se considera que os objetivos propostos foram alcançados.

O tema é desafiante e de fácil compreensão, embora apresente fundamentos e alguns pontos que há partida diferem de EG para EG. Sendo que, no desenvolvimento de uma solução e abordagem para o problema, teve se em conta estes aspetos ao analisarem-se os dados fictícios da EG teste e apresentar o modelo/*mockup*.

Por virtude, existe uma busca constante sobre qual a melhor forma de se adaptar, integrá-la e torná-la mais eficaz, embora não existe uma solução certa, uma vez que vai depender da posição que as EG, entidades envolvidas e utilizadores assumem, face à solução proposta.

4.2 Dificuldades Sentidas

Inicialmente as maiores dificuldades sentidas, foram ao nível do domínio dos conceitos, tanto do setor da água como do DECIdE, das ferramentas da plataforma e do seu fluxo de dados, embora que com o passar do tempo se tenha ultrapassado essas dificuldades, analisando melhor e estudando o assunto tendo em conta as diferentes perspetivas da equipa, bem como de diferentes guias e documentos fornecidos.

Como existem diferentes pontos de vista sobre o IVI e os dados da EG teste são fictícios, foi difícil ter uma ideia inicial sobre como é que se iria desenvolver o subsistema. A dependência de cada EG e a experiência integrar sistemas, tem tendência a limitar a eficácia do modelo como candidato em plataformas de larga escala, no qual, tem havido uma utilização acompanhada de ferramentas automatizadas de desenvolvimento e grupo de trabalho para ajudar e gerir os esforços de desenvolvimento.

Como os dados fictícios desenvolvidos pela equipa do DECIdE constituem uma disposição diferentes aos dados reais, foi difícil avaliar de uma perspetiva técnica e de implementação, uma vez que certas EG podem ter pontos de vista diferentes em termos de métricas e constituições definidas. Embora apresente estas dificuldades o trabalho apresenta espaço para melhorias, sendo possível explorar melhor diferentes perspetivas já existentes, de forma a melhorar o desempenho da rede e da gestão do portfólio de investimentos.

Conclusões e Perspetivas de trabalho futuro

As redes de distribuição de água assumem um papel fundamental, no que diz respeito a agendas/explorações, que permitem uma melhor compreensão do funcionamento da mesma, o que poderá resultar em benefícios económicos no planeamento de manutenção e intervenção infraestrutural. Dado que os Serviços de Abastecimento de Água (SAA) são indicadores do desenvolvimento dos países e fontes de bem-estar das sociedades, a sustentabilidade do serviço depende diretamente da sustentabilidade das infraestruturas (Bernardo, 2015), logo vai ser necessário assegurar que estejam dentro dos parâmetros do DECIdE e das Entidades Gestoras (EG).

Como o processo de reabilitação implica um conjunto de operações complexas e dispendiosas, para serem bem-sucedidas as EG necessitam de um planeamento estratégico infraestrutural eficaz e eficiente. Um dos obstáculos que o processo de reabilitação apresenta vai estar relacionado com a gestão dos ativos, ao nível da durabilidade, vida útil e perdas de água. Por consequência, existe a preocupação por parte das EG na gestão do portfólio de investimentos e na manutenção das infraestruturas, uma vez que desempenham um papel importante nos serviços, desta forma desenvolveu-se uma proposta de solução no âmbito da Gestão Patrimonial das Infraestruturas (GPI) que auxilia no processo de reabilitação e avaliação infraestrutural, de forma a maximizar o desempenho e minimizar o custo e o risco.

Assume-se assim, a importância do domínio dos conceitos relativos ao setor da distribuição de água e das infraestruturas, de forma a garantir para a sustentabilidade das mesmas, o desenvolvimento de novas soluções que garantam a qualidade e eficácia dos SAA, a GPI e uma decisão que vá ao encontro dos objetivos estabelecidos pelas EG. É uma mais-valia para o processo e para a gestão eficiente das infraestruturas e da sua sustentabilidade, onde é reconhecida a importância na definição e implementação de planos de investimentos dessas infraestruturas.

O património é algo que se deve usufruir, mas também conservar, manter e valorizar. Quando se trata de gerir as infraestruturas é necessário adotar os melhores procedimentos para preservar e valorizar o património em infraestruturas, de forma a garantir que o serviço esteja dentro das conformidades e em bom estado de conservação. Desta forma, a gestão do portfólio de investimentos vai ser importante de um ponto de vista de desempenho, como também de conservação das infraestruturas, uma vez que existe cada vez com o passar do tempo o envelhecimento do património e o aumento da exigência de um melhor serviço, logo muitas EG aperceberam-se que vai ser fundamental implementar sistemas de gestão das infraestruturas.

Surgiu assim, o interesse em usar o Índice de Valor Infraestrutural (IVI), permitindo fundamentar a gestão do portfólio de investimentos e da sustentabilidade/conservação das infraestruturas a longo prazo. O trabalho que foi descrito ao longo deste relatório apresenta uma das perspetivas que se pode adotar relativamente a essa preocupação através do desenvolvimento de uma proposta de subsistema de Índice de Valor Infraestrutural (IVI), em que permite melhorar o conhecimento e explorar aspetos sobre as redes de distribuição e ativos das EG.

Os dados utilizados para esta solução foram de uma EG fictícia, denominada de EG teste, desenvolvida pela equipa do DECIdE, de forma a eles conseguirem realizar testes e demonstrarem o funcionamento da plataforma às EG, sem afetar as atividades reais. Com os dados da EG teste procedeu-se à sua análise e a partir daí desenvolveu-se um *mockup* com métricas orientadas ao serviço e aos ativos e modelos de referência (arquitetura) do subsistema IVI, criando assim uma proposta que se integre na plataforma DECIdE e se interligue com os módulos já existentes (Balanço Hídrico, Balanço Energético, entre outros).

O subsistema de IVI, não só pretende disponibilizar recursos e auxiliar no processo de decisão, como também reduzir os tempos no assunto e analisar melhor os investimentos na rede de distribuição (gestão de portfólio de investimentos). No desenvolvimento da proposta de subsistema seguiu-se as etapas da abordagem de *Design Thinking*, de modo a facilitar a sua compreensão e interligação ao modelo do DECIdE. Desta forma, conseguiu-se cumprir o objetivo inicial e específicos, através do desenvolvimento desta proposta que responde à problemática inicial de “como aproveitar melhor os recursos/infraestruturas, a rede de distribuição e reabilitação das mesmas, face às problemáticas e pontos de vistas das EG”.

O IVI associado a cada componente permite ainda definir uma estratégia segmentada através da priorização de intervenção nos elementos do SAA. O desenvolvimento de uma vertente específica para os dados vai ser crucial no desenvolvimento do subsistema, tendo em conta os problemas que existem ao nível da formação e lógico e caso seja necessário realizar-se atualizações e *patches* do *software*, alterações na BD e alterações na API, instalações e testes. As EG devem esperar implementar soluções de *Reference* e *Master Data* de forma incremental através de uma série de projetos definidos num plano de implementação, com base nas necessidades do negócio e orientado por uma arquitetura global.

Um dos critérios para medir o sucesso de uma implementação do sistema de gestão de registos podem incluir os seguintes indicadores (DAMA-DMBOK, 2017):

- Percentagem do total de documentos e e-mail por utilizador identificados como registos corporativos;
- Percentagem dos registos e documentos identificados declarados como tal e colocados no controlo dos registos;
- Percentagem do total de registos armazenados, que têm as regras na retenção adequadas aplicadas.

Nesse sentido a proposta de subsistema desenvolvido serviu para ganhar sensibilidade na gestão dos ativos e auxiliar a decisão ao nível dos investimentos, permitindo definir recomendações e trabalhos futuros que permitam ao subsistema promover resultados com uma maior qualidade e fiabilidade. Ao ser elaborado o planeamento das alterações a realizar, considerando as suas potenciais consequências, ao ser implementado e integrado este modelo, mais tarde pode ser desenvolvido um plano de gestão de risco, caso exista implementação e atualização de componentes e de módulos.

Sabendo que, para além das infraestruturas consideradas no presente trabalho (condutas, ramais e captações), se poderá integrar nas restantes infraestruturas que o DECIdE apresenta, uma vez decorrente da aplicação do subsistema de IVI nos dados fictícios da EG teste, tornando-se assim válido como elemento de suporte à decisão das infraestruturas, mesmo tratando-se de um trabalho de projeto com uma temática complexa.

Refletindo globalmente, o trabalho realizado auxilia e complementa o processo de reabilitação das infraestruturas, tendo por base um modelo voltado para a EG teste, com diferentes métricas (desempenho do serviço, minimização dos custos de investimento e a conservação das infraestruturas), sendo de fácil adaptação aos dados das EG reais de forma a iniciar o processo de avaliação e análise, dos investimentos às infraestruturas.

Referências

- Alegre, H., & Covas, D. (dezembro de 2010). *Guia técnico 16- Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação*. (ERSAR, Ed.) Obtido em 20 de fevereiro de 2021, de ERSAR: <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/publicacoes-tecnicas/guias>
- Alegre, H., Vitorino, D., & Coelho, S. (julho de 2014). Infrastructure Value Index - Baseform. Obtido em 25 de Outubro de 2020, de https://baseform.com/np4/np4/?newsId=164&fileName=Alegre_et_al_2014_IVI_slides.pdf
- Alegre, H., Vitorino, D., & Coelho, S. (2014). *Infrastructure Value Index: a powerful modelling tool for combined long-term planning of linear and vertical assets*. Obtido em 15 de Abril de 2020, de CoreUK: <https://core.ac.uk/display/82383972>
- Amadi-Echendu, J. E., Belmonte, H., Holdt, C. v., & Bhagwan, J. (2010). *A Case Study on Condition Assessment of Water and Sanitation Infrastructure*. Obtido em 10 de março de 2021, de Springer Link: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-85729-320-6_20
- Amaral, L. A. (1994). PRAXIS Um Referencial para o Planeamento de Sistemas de Informação. Obtido em 20 de março de 2021, de https://repositorium.sdum.uminho.pt/retrieve/301/PRAXIS_Amaral.pdf
- Amaral, L. A. (outubro de 1997). Gestão de sistemas de informação: Relatório de disciplina contendo o programa, conteúdo e métodos de ensino. Obtido em 20 de janeiro de 2021, de <http://hdl.handle.net/1822/413>
- Amaral, R., Alegre, H., & Matos, J. (20 de julho de 2016). A service-oriented approach to assessing the infrastructure value index. *Water Science & Technology*, 74(2), 542–548. Obtido em 25 de Setembro de 2020, de <https://iwaponline.com/wst/article/74/2/542/19487/A-service-oriented-approach-to-assessing-the>
- Anunciação, P., & Esteves, F. (2013). *Arquitectura de Sistemas de informação*. Setúbal: IPS. Obtido em 20 de maio de 2021
- Baptista, F. P. (maio de 2011). *Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria*. Lisboa: Instituto Superior Técnico- Universidade Técnica de Lisboa. Obtido em 20 de janeiro de 2021
- Barreto, A. A. (2002). A condição da informação. São Paulo Perspectiva [online]. Obtido em 20 de março de 2021, de <https://www.scielo.br/j/spp/a/5Q85NCzRFvJ8BLj54jLMv/?lang=pt>
- Barreto, R. G. (31 de outubro de 2019). Da Gestão do Património Arqueológico, à Gestão do Território com recurso a Sistemas de Informação Geográfica no Brasil. Tomar. Obtido em 20 de maio de 2021, de https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/31522/1/Relat%c3%b3rio_Tese_Final_Regiane%20%281%29.pdf
- Bernardo, P. M. (2015). *Gestão Patrimonial de Infraestruturas de de Abastecimento de Água Modelo de apoio à GPI com base em Análise de Custos –Caso de estudo ADC,EM*. Covilhã: Universidade da Beira Interior. Obtido em 10 de dezembro de 2020, de https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6550/1/4205_8094.pdf
- Bogdan, R., & Biklen, S. (2013). *Investigação Qualitativa em Educação. Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Porto Editora.
- Brum, F. (agosto de 2011). A importância da Informação para Empresas de Sucesso. Obtido em 18 de fevereiro de 2021, de <http://www.brumconsulting.com.br/2011/08/importancia-informacao-sucesso-empresas.html>
- Carlgren, L., Rauth, I., & Elmquist, M. (26 de março de 2015). Making It Happen: Legitimizing Design Thinking in Large Organizations. Obtido em 24 de novembro de 2020, de <https://doi.org/10.1111/dmj.12015>
- Carlgren, L., Rauth, I., & Elmquist, M. (2016). *Framing Design Thinking: The Concept in Idea and Enactment*. John Wiley & Sons Ltd. Obtido de <https://www.chalmers.se/SiteCollectionDocuments/Teknikens%20ekonomi%20och%20organisation/Carlgren%20Rauth%20Elmquist%202016%20CIM%20Framing%20Design%20Thinking%20.pdf>
- Carriço, N., Alegre, H., Covas, D., Almeida, M., & Leitão, J. P. (2010). Estabelecimento de prioridades de reabilitação em redes de distribuição de água. Uma ferramenta multicritério de apoio à decisão. *14º ENASB-Encontro Nacional de Saneamento Básico*. Obtido em 25 de Setembro

- de 2020, de
http://repositorio.lnec.pt:8080/bitstream/123456789/1001096/1/HAlegre_14ENaSB_231_Artigo.pdf
- Carvalho, H. (30 de setembro de 2014). *Redução de perdas reais de água em sistemas de abastecimento de água. Definição de critérios para delimitação de zonas de medição e controlo*. Obtido em 20 de janeiro de 2021, de Repositório Aberto da Universidade do Porto: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/74771>
- Claro, J. A. (2013). *Sistemas de Informações Gerenciais* (1ª ed.). São Paulo: Know How. Obtido em 19 de fevereiro de 2021
- Codd, E. F. (1 de junho de 1970). A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. 13(6), pp. 377-387. Obtido em 15 de abril de 2021, de <https://doi.org/10.1145/362384.362685>
- Cosgrove, W. J., & Loucks, D. P. (20 de junho de 2015). Water management: Current and future challenges and research directions. (A. G. Union, Ed.) Obtido em 20 de março de 2021, de <https://doi.org/10.1002/2014WR016869>
- Covas, D., Almeida, M., Alegre, H., & Carriço, N. (setembro de 2016). *Metodologia multicritério de apoio à decisão na gestão patrimonial de infraestruturas urbanas de água*. Obtido em 25 de março de 2021, de https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/16536/1/Carrico_et_al_Artigo%20ENASB2016_pt_vs2.pdf
- Crespo, P., & Santos, V. (2015). Construção de Sistemas Integrados de Gestão para Micro e Pequenas Empresas. Obtido em 20 de novembro de 2020, de https://run.unl.pt/bitstream/10362/35415/1/PCrespo_VSantos_2015.pdf
- DAMA-DMBOK. (2017). *Data Management Body of Knowledge 2nd Edition*. BASKING RIDGE, NEW JERSEY: Technics Publications.
- (2009). *Decreto Lei n.º 194/2009 de 20 de Agosto do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional*. Diário da República: I série, nº 161/2009. Obtido em 20 de maio de 2021, de www.dre.pt
- ERSAR. (2010). Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal: Volume 1 Caracterização Geral do Setor. Obtido em 10 de janeiro de 2021
- ERSAR. (setembro de 2013). Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (2012) Volume 1 – Caracterização geral do setor. ERSAR. Obtido em 18 de novembro de 2020, de <http://www.ersar.pt/pt/site-publicacoes/Paginas/edicoes-anuais-do-RASARP.aspx>
- ERSAR. (2017). Estudo de satisfação dos utilizadores dos serviços de águas e resíduos em 2017. ERSAR. Obtido em 9 de janeiro de 2021
- ERSAR. (outubro de 2020). *Caracterização*. Obtido em 23 de outubro de 2020, de ERSAR: <http://www.ersar.pt/pt/setor/caracterizacao>
- ERSAR. (31 de janeiro de 2020). *Guia Técnico nº23- Custos de Construção de Infraestruturas Associadas ao Ciclo Urbano da Água*. Obtido em 25 de setembro de 2020, de ERSAR: <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/publicacoes-tecnicas/guias>
- ERSAR. (2020). *Relatório de Monitorização do PENSAAR 2020*. Obtido em 20 de fevereiro de 2021, de ERSAR: http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/monitorizaçãodo%20pensaar2020_ersar.pdf
- Estrela, S. C. (1 de dezembro de 2014). A Gestão da informação na tomada de decisão das PME da região centro : um estudo exploratório e de multicase no âmbito da Ciência da Informação. Coimbra. Obtido em 20 de abril de 2021, de <http://hdl.handle.net/10316/25956>
- Farias, A. (28 de setembro de 2005). *O Amianto em Portugal*. Obtido em 18 de novembro de 2020, de CGTP: <http://www.cgtp.pt/trabalho/hig-seg-saude/132-o-amianto-em-portugal>
- Ferreira, B. E. (outubro de 2017). *Plano Tático de Gestão Patrimonial de Infraestruturas da rede de abastecimento de água do Lavradio*. (I. E. Barreiro, Ed.) Obtido em 25 de fevereiro de 2021, de RCAAP Repositório Comum: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/20043/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Bruno%20Ferreira%20-%20Vers%C3%A3o%20Definitiva.pdf>
- Ferreira, B., & Antunes, A. (12 de Outubro de 2020). DECIdE_Guia_Testes.
- Ferreira, B., Antunes, A., & Gomes, J. (24 de março de 2020). DECIdE- Manual Técnico.
- Ferreira, B., Antunes, A., G, J., & G, M. (2 de dezembro de 2020). DECIdE_Manual_Utilizador.

- Ferreira, B., Carriço, N., Mendes, A., Baio, M., Barreira, R., Grueau, C., . . . Boga, C. (2019). *PLATAFORMA DECIdE – TRANSFORME DADOS EM CONHECIMENTO*. Obtido em 25 de Novembro de 2020, de https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/30701/1/Ferreira_et_al_ENEG2019_vf.pdf
- Fidelizarte. (19 de setembro de 2019). *Design Thinking – conheça as 5 etapas do processo*. Obtido em 29 de dezembro de 2019, de <https://www.fidelizarte.pt/blog/design-thinking-2/>
- Fortin, M.-F. (1999). *O Processo de Investigação Da Concepção à Realização*. Lusodidacta. Obtido em 20 de abril de 2021
- Francisco, F. J. (setembro de 2011). Compreensão da arquitetura de integração de sistemas de informação heterogêneos e da sua relação com a arquitetura empresarial – um estudo de caso em Portugal. Obtido em 5 de abril de 2021, de <https://www.iseg.ulisboa.pt/aquila/getFile.do?fileId=238466&method=getFile>
- Freixo, M. (2010). *Metodologia científica: fundamentos, métodos e técnicas*. Lisboa: Instituto PIAGET.
- Gonçalves, M. C. (setembro de 2020). Crime Mapping e os Sistemas de informação Geográfica. Lisboa. Obtido em 20 de abril de 2021, de http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/34562/1/RCFTIA_Aspirante%20240%20Gon%c3%a7alves.pdf
- Guerreiro, A., Serrano, A., & Caldeira, M. (2004). *Gestão de Sistemas e Tecnologias de Informação*. FCA. Obtido em 20 de fevereiro de 2021
- Hartson, R., & Pyla, P. S. (2012). *The UX Book*. Obtido em 5 de abril de 2021, de <https://doi.org/10.1016/C2010-0-66326-7>
- Hay, D. C. (2011). *UML and Data Modeling: A Reconciliation*. Technics Publications, LLC. Obtido em 15 de março de 2021, de <https://2lib.org/book/3414530/b37fb6?dsource=recommend>
- Hermans, P. (2015). The Zachman Framework for Architecture Revisited. On conceiving the informational enterprise. *Zachman International*. Obtido de www.zachman.com
- Hevner, A. (janeiro de 2007). *Three Cycle View of Design Science Research* (Vol. 19). Scandinavian Journal of Information Systems. Obtido em 27 de janeiro de 2021, de <https://aisel.aisnet.org/sjis/vol19/iss2/4>
- Hoffer, A. J., George, J. F., & Valacich, J. S. (1998). *Modern Systems Analysis & Design*. Addison Wesley. Obtido em 20 de maio de 2021
- Holmquist, L. E. (2005). Prototyping: Generating Ideas or Cargo-Cult Designs. *Interactions*, 12(2), 48-54. Obtido em 20 de junho de 2021, de <https://doi.org/10.1145/1052438.1052465>
- Julião, R. P. (1990). *Geografia, Informação e Sociedade*. Obtido em 8 de fevereiro de 2021, de <http://geoinova.fcsh.unl.pt/revistas/files/n0-6.pdf>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems – Managing the Digital Firm*. Pearson. Obtido em 15 de março de 2021, de <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Laudon-Management-Information-Systems-Managing-the-Digital-Firm-16th-Edition/PGM2067673.html>
- Lima, M. S. (21 de setembro de 2020). O Uso da Informação para melhoria dos índices de sinistralidade rodoviária nas rodovias federais em Santa Catarina, Brasil. Lisboa. Obtido em 25 de fevereiro de 2021, de <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/36725/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Milena%20Lina.pdf>
- Lincoln, Y. S., & Denzin, N. K. (2006). *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. (Artmed, Ed.) SAGE Publications.
- Lockwood, T. (29 de dezembro de 2009). *Design Thinking: Integrating Innovation, Customer Experience, and Brand Value*. US: Allworth Press. Obtido em 10 de fevereiro de 2021, de <https://doi.org/10.1111/j.1942-5074.2009.00001.x>
- Luján-Mora, S., & Trujillo, J. (abril de 2006). Physical Modeling of Data Warehouses Using UML Component and Deployment Diagrams: Design and Implementation Issues. *Journal of Database Management*, 12-42. Obtido em 15 de março de 2021, de <https://doi.org/10.4018/jdm.2006040102>
- Macedo, P., Zacarias, M. S., & Tribolet, J. (2020). *Técnicas e Métodos de Investigação em Engenharia Organizacional: Projecto de Investigação em Modelação de Processos de Produção*. Obtido de <https://www.inesc-id.pt/ficheiros/publicacoes/2650.pdf>

- Macedo, R. R., Mendes, R. L., & Costa, T. (31 de maio de 2018). *Sistema de informação Geográfica (SIG) aplicado a gestão de recursos naturais. Atlas do Aproveitamento de água da Chuva nas Ilhas de Belém – iniciativas, demandas e potencialidades*. Obtido em 28 de novembro de 2020, de GEO UERJ: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.29876>
- Martins, T. J. (Fevereiro de 2014). *Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança- Escola Superior Agrária. Obtido em 20 de março de 2021, de https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9311/1/Sistemas%20de%20Abastecimento%20de%20Água%20para%20Consumo%20Humano_versão%20final.pdf
- Oliveira, E. R., & Ferreira, P. (2014). *Métodos de Investigação Da Interrogação à Descoberta Científica*. Vida Económica.
- Oliveira, J. A. (novembro de 2015). Os sistemas de informação geográfica como elemento de apoio à reabilitação urbana. Obtido em 8 de março de 2021, de <http://hdl.handle.net/10400.26/12558>
- Oliveira, J. F. (20 de julho de 2018). *Arquitetura de um Sistema de Apoio à Decisão de suporte à Cadeia de Abastecimento de Biomassa*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Obtido em 20 de maio de 2021, de <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/115195/2/281524.pdf>
- Orellana, A., Martim, A. L., Zuffo, A. C., & Filho, J. G. (31 de outubro de 2018). *Contribuição ao planeamento de reabilitação de redes de distribuição de água*. Obtido em 25 de novembro de 2020, de Taylor and Francis Online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23863781.2018.1495991>
- Orlikowski, W. J. (2010). *The Sociomateriality of Organisational Life: Considering Technology in Management Research* (Vol. 34). Cambridge Journal of Economics. Obtido em 10 de janeiro de 2021, de <https://doi.org/10.1093/cje/bep058>
- Pato, J. H. (2011). História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal. *ERSAR*. Obtido em 8 de janeiro de 2021
- Pereira, M. V. (julho de 2012). *Implementação e Monitorização de uma Zona de Medição e Controlo no Sistema de Abastecimento de Matosinhos*. Porto: Universidade do Porto- FEUP. Obtido em 20 de fevereiro de 2021, de <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69311/1/000155054.pdf>
- Ramôa, A. R. (setembro de 2010). *Contribuição para a evolução do abastecimento de água e do saneamento de águas residuais em áreas peri-urbanas dos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa*. IST- Universidade Técnica de Lisboa. Obtido em 20 de janeiro de 2021
- Ramos, A. (2 de junho de 2018). Wireframe, Protótipo e Mockup — É tudo a mesma coisa? (T. Center, Ed.) Obtido em 25 de fevereiro de 2021, de <https://medium.com/trainingcenter/wireframe-prot%C3%B3tipo-e-mockup-%C3%A9-tudo-a-mesma-coisa-b990034085d6>
- Rascão, J. (2001). *Sistemas de Informação para as Organizações – a informação chave para a tomada de decisão*. Lisboa: Sílabo. Obtido em 20 de março de 2021
- Rezende, D. A., & Abreu, A. F. (2006). *Tecnologia da informação: aplicada a sistemas de informação empresarial*. Atlas. Obtido em 15 de abril de 2021
- Rocha, R. (4 de novembro de 2003). *Base de Dados I*. Obtido em 20 de fevereiro de 2021, de <https://www.dcc.fc.up.pt/~ricroc/aulas/0304/sap/pdf/aula10.pdf>
- Santos, R. (2016). *Crime analysis with crime mapping* (Vol. 4). Sage Publications. Obtido em 18 de fevereiro de 2021
- Santos, S. A. (2014). *Práticas de Segurança da Informação: um estudo de caso num centro hospitalar*. Obtido em 20 de fevereiro de 2021, de https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/5152/1/DM_Sabina%20Santos_2014.pdf
- Serra, A., Correia, F. N., & Pires, J. (março de 2017). Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural: uma solução indutora de boas práticas de Gestão de Ativos nos modelos de financiamento de Infraestruturas dos Serviços de Águas. *Revista Recursos Hídricos*. Obtido em 25 de fevereiro de 2021, de https://www.aprh.pt/rh/v38n1_cti-2.html
- Serrano, G. (2004). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. Madrid: La Muralla.

- Sillitto, H., Martin, J., McKinney, D., Griego, R., Dori, D., Krob, D., . . . Jackson, S. (2019). Systems Engineering and System Definitions. Obtido em 5 de março de 2021, de <https://www.studocu.com/en-za/document/cape-peninsula-university-of-technology/industrial-and-systems-engineering/lecture-notes/sillitto-h-martin-j-mc-kinney-d-griego-r-dori-d-krob-d-godfrey-p-arnold-e-jackson-s-2019-systems-engineering-and-system-definit>
- Silva, A. M., & Videira, C. A. (2001). *UML, Metodologias e Ferramentas CASE*. Lisboa: Edições Centro Atlântico. Obtido em 20 de maio de 2021
- Silva, D. F. (janeiro de 2021). Análise da gestão da segurança da informação. Obtido em 21 de abril de 2021, de http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/36466/1/DanielaSilva%20_Tese.pdf
- Silva, F. d. (2015). UML – Diagramas Estruturais Diagrama de Componentes. Obtido em 20 de janeiro de 2021, de <http://www.facom.ufu.br/~flavio/swmod-files/files/2015-02/11-UML-Diagramas-Compoentes-e-Implantacao.pdf>
- Soares, A. L. (25 de fevereiro de 2003). Sistemas de informação nas organizações. Porto: FEUP. Obtido em 6 de julho de 2021, de comum.rcaap.pt/handle/10400.26/12558
- Star, R., & Reynolds, G. (2011). *Principles of Information Systems* (10th ed.). Cengage Learning. Obtido em 20 de março de 2021
- Takhar-Lail, A., & Ghorbani, A. (2015). *Market research methodologies : multi-method and qualitative approaches*. Iran: Hershey, PA : Business Science Reference. Obtido em 21 de março de 2021
- Teixeira, A. F. (junho de 2016). Sustentabilidade económico-financeira dos serviços de abastecimentos de água e de saneamento de águas residuais – caso de estudo e avaliação de cenários . Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Obtido em 20 de janeiro de 2021, de <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/91104/2/137842.pdf>
- Valacich, J., Hoffer, J., & George, J. F. (2015). *Essentials of Systems Analysis and Design* (6ª ed.). Pearson. Obtido em 10 de junho de 2021
- Valentim, I. M. (2008). *Definição do modelo conceptual de dados através das linguagens UML e ORM*. Obtido em 20 de maio de 2021, de <https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/1975/1/Definição%20do%20modelo%20conceptual%20de%20dados%20através%20das%20linguagens%20UML%20e%20ORM.pdf>
- Varajão, J. Q. (2002). *Função de Sistemas de Informação. Contributos para a melhoria do sucesso da adopção de tecnologias de informação e desenvolvimento de sistemas de informação nas organizações*. Obtido em 22 de março de 2021, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/25960>
- Vasconcelos, A., Caetano, A., Sinogas, P., Mendes, R., & Tribolet, J. (2002). Arquitectura de Sistemas de Informação: A Ferramenta de Alinhamento Negócio / Sistemas de Informação? Obtido em 20 de janeiro de 2021, de <http://dx.doi.org/10.18803/capsi.v3.%25p>
- Vasconcelos, A., Silva, M. M., Fernandes, A., & Tribolet, J. (2004). An Information System Architectural Framework for Enterprise Application Integration. Washington, DC: Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04). Obtido em 28 de março de 2021, de <https://www.inesc-id.pt/ficheiros/publicacoes/925.pdf>
- Venkatesh, V., Brown, S. A., & Sullivan, Y. W. (2016). Guidelines for Conducting Mixed-Methods Research: An Extension and Illustration. *Journal of the Association for Information Systems*. Obtido em 20 de janeiro de 2021, de <https://doi.org/10.17705/1jais.00433>
- Whitten, J., Bentley, L., & Dittman, K. (2001). *Systems Analysis and Design Methods* (5ª ed.). McGraw-Hill. Obtido em 20 de maio de 2021
- Zachman, J. A. (1997). *Enterprise Architecture: The Issue of the Century*. Database Programming and Design magazine. Obtido em 10 de março de 2021, de <https://www.zachman.com/resource/ea-articles/321-the-zachman-framework-for-architecture-revisited-by-paul-hermans>
- Zorrinho, C. (1995). *Gestão da Informação*. Iapmei. Obtido em 20 de fevereiro de 2021, de http://jmab.planetaclix.pt/GesInf/Aula1/A_Gestao_da_Informacao.pdf

Apêndice

Apêndice 1 Template de Caso de Testes

Caso de Teste <DECIdE>						
Número do Requisito <Nº do Requisito> - <Nome do Requisito>						
Identificação do Ambiente <ID Ambiente>						
Nº do Cenário de Teste:						
Objetivo do Teste:						
Pré condições:						
Execução	#	P/O	Passos/Ponto de Observação	Input	R. Esperado	R. Verificado
Pós-condições						
Observações						

Figura 17 Template Caso de Testes

Anexos

Anexo 1 Gráfico Entidade Relação

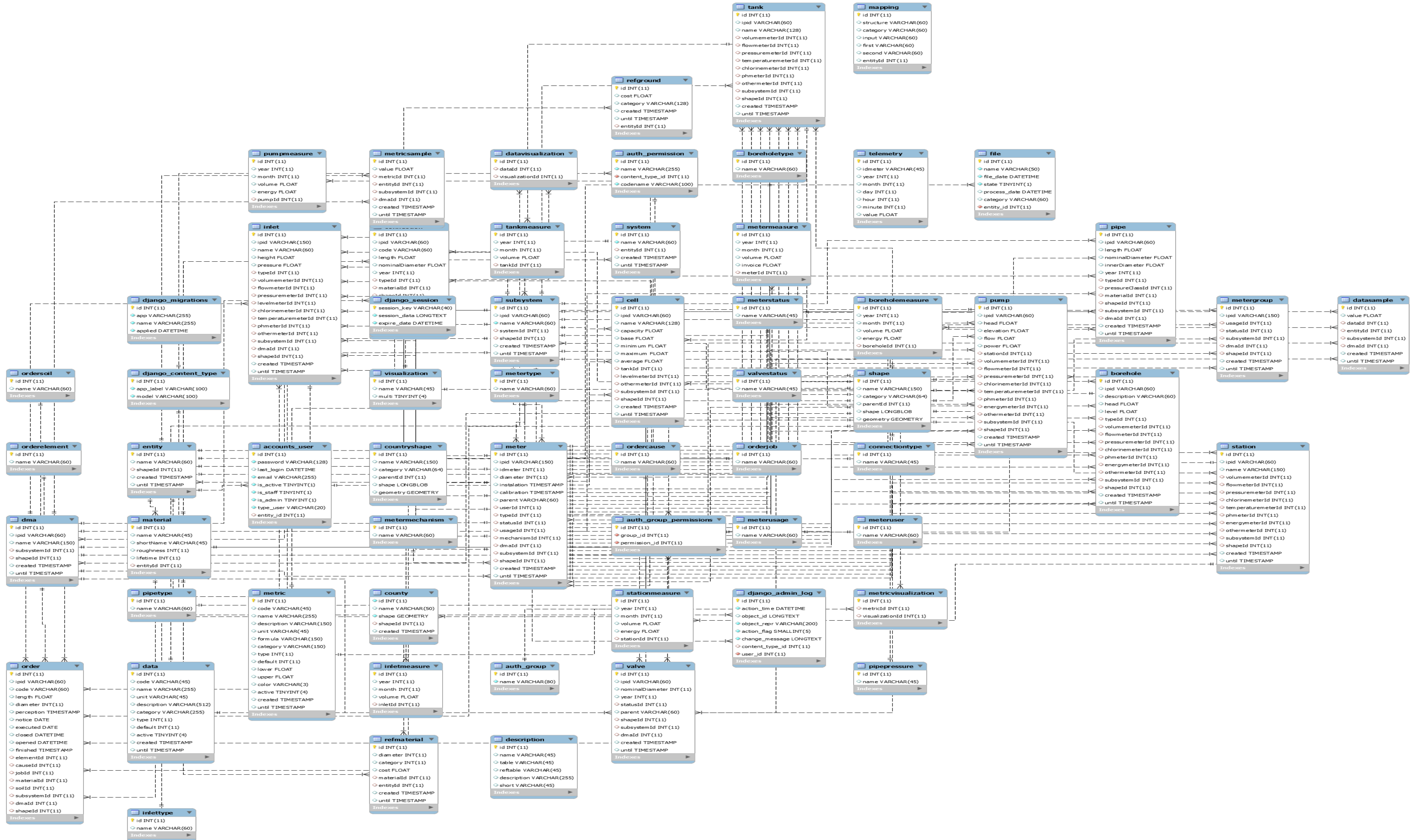


Figura 18 Diagrama Entidade Relação DECide

Anexo 2 Listagem completa dos ramais QGIS

Q ramal — Features Total: 120, Filtered: 120, Selected: 1

ipid	tipo	compriment	subsistema	zmc	ipid	tipo	compriment	subsistema	zmc
1 ramal.99	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta	34 ramal.111	Domestico	3	Subsistema 1	Zona Alta
2 ramal.98	Domestico	13	Subsistema 1	Zona Alta	35 ramal.110	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
3 ramal.97	Domestico	12	Subsistema 1	Zona Alta	36 ramal.113	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta
4 ramal.96	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	37 ramal.112	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
5 ramal.95	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	38 ramal.2	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
6 ramal.94	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	39 ramal.1	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
7 ramal.93	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	40 ramal.4	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
8 ramal.92	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	41 ramal.3	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta
9 ramal.91	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	42 ramal.6	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta
10 ramal.90	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	43 ramal.5	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
11 ramal.9	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Média	44 ramal.89	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta
12 ramal.89	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	45 ramal.88	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta
13 ramal.88	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta	46 ramal.91	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
14 ramal.87	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	47 ramal.90	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
15 ramal.86	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	48 ramal.93	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
16 ramal.85	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	49 ramal.92	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
17 ramal.84	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	50 ramal.95	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
18 ramal.83	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	51 ramal.94	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
19 ramal.82	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	52 ramal.97	Domestico	12	Subsistema 1	Zona Alta
20 ramal.81	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	53 ramal.96	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
21 ramal.80	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	54 ramal.99	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta
22 ramal.8	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Média	55 ramal.98	Domestico	13	Subsistema 1	Zona Alta
23 ramal.79	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta	56 ramal.101	Domestico	15	Subsistema 1	Zona Alta
24 ramal.78	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	57 ramal.100	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta
25 ramal.77	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	58 ramal.103	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
26 ramal.76	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta	59 ramal.102	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
27 ramal.75	Domestico	19	Subsistema 1	Zona Alta	60 ramal.73	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta
28 ramal.74	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta	61 ramal.72	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta
29 ramal.73	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta	62 ramal.75	Domestico	19	Subsistema 1	Zona Alta
30 ramal.72	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta	63 ramal.74	Domestico	17	Subsistema 1	Zona Alta
31 ramal.71	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	64 ramal.77	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta
32 ramal.70	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	65 ramal.76	Domestico	14	Subsistema 1	Zona Alta
33 ramal.7	Domestico	12	Subsistema 1	Zona Média	66 ramal.79	Domestico	10	Subsistema 1	Zona Alta
ipid	tipo	compriment	subsistema	zmc	ipid	tipo	compriment	subsistema	zmc
67 ramal.78	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta	67 ramal.78	Domestico	11	Subsistema 1	Zona Alta
68 ramal.81	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	68 ramal.81	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
69 ramal.80	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	69 ramal.80	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
70 ramal.83	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	70 ramal.83	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
71 ramal.82	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	71 ramal.82	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
72 ramal.85	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	72 ramal.85	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
73 ramal.84	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	73 ramal.84	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
74 ramal.87	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	74 ramal.87	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
75 ramal.86	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	75 ramal.86	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta
76 ramal.57	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	76 ramal.57	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
77 ramal.56	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	77 ramal.56	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
78 ramal.59	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	78 ramal.59	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
79 ramal.58	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	79 ramal.58	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
80 ramal.61	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	80 ramal.61	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
81 ramal.60	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	81 ramal.60	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
82 ramal.63	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta	82 ramal.63	Domestico	8	Subsistema 1	Zona Alta
83 ramal.62	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	83 ramal.62	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
84 ramal.65	Domestico	4	Subsistema 1	Zona Alta	84 ramal.65	Domestico	4	Subsistema 1	Zona Alta
85 ramal.64	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta	85 ramal.64	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta
86 ramal.67	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta	86 ramal.67	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta
87 ramal.66	Domestico	4	Subsistema 1	Zona Alta	87 ramal.66	Domestico	4	Subsistema 1	Zona Alta
88 ramal.69	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta	88 ramal.69	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Alta
89 ramal.68	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta	89 ramal.68	Domestico	7	Subsistema 1	Zona Alta
90 ramal.71	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta	90 ramal.71	Domestico	9	Subsistema 1	Zona Alta
91 ramal.70	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta	91 ramal.70	Domestico	6	Subsistema 1	Zona Alta
92 ramal.41	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média	92 ramal.41	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média
93 ramal.40	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média	93 ramal.40	Domestico	5	Subsistema 1	Zona Média

Figura 19 Dados dos Ramais Completos (QGIS)