



**TÉCNICO**  
LISBOA

**Análise económico-financeira associada à corrosão  
num gasoduto**

**Gonçalo Magalhães dos Reis Martins**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Maria Isabel Craveiro Pedro

Coorientador: Prof. João Carlos Salvador Santos Fernandes

**Julho 2021**

## Agradecimentos

Neste momento, dizer obrigado não é suficiente para agradecer a amabilidade, o apoio, a motivação e as críticas construtivas que me ajudaram a crescer e a desenvolver esta dissertação.

Assim, agradeço por todos os incentivos e auxílio dos meus orientadores, a Professora Maria Isabel Pedro e o Professor João Salvador Fernandes e deixo também um agradecimento especial ao Engenheiro Mário Soares Apolinário, pois sem o seu contributo não seria possível realizar este estudo.

Há que fazer um especial agradecimento aos meus pais, que estiveram ao meu lado todos os dias, nunca me deixando desanimar, permitindo, assim, a concretização deste meu sonho.

À minha querida irmã, que se revelou paciente, compreensiva, bem como motivadora, pincelando o meu futuro de cores brilhantes fazendo com que a esperança renascesse nos momentos mais difíceis.

Tenho muito que agradecer à Daniela que tantas vezes me aqueceu o coração e colocou vários sorrisos no meu rosto, reconfortando-me com alegria, amor e a sua amizade.

Finalmente, agradeço a todos os meus amigos que muito me ouviram, sustentando qualquer desânimo nos momentos de maior cansaço.

É com grande carinho que vos guardo a todos no meu coração. Muito obrigado!

## Resumo

A maioria dos materiais estão em constante interação com o meio ambiente. Uma dessas interações, especialmente para materiais inorgânicos, é a corrosão.

Embora existam medidas que regulam as práticas que podem ser aplicadas para a prevenção da corrosão – o que permitiria uma poupança estimada entre 15% e 35% do custo global associado – nem sempre são aplicadas pelas empresas. Assim, o desperdício de metais e os custos associados à prevenção, reparação e substituição dos materiais afetados tornou-se um problema que gera preocupações acrescidas.

O foco deste estudo foi um projeto de construção de um gasoduto, tendo como base os gasodutos da REN, empresa portuguesa de referência nos setores da eletricidade, gás natural e das telecomunicações. O principal objetivo foi avaliar os custos e benefícios associados à prevenção e manutenção da corrosão, tendo em conta a sua utilização e conservação futura. Através da revisão bibliográfica sobre métodos para avaliar a viabilidade de projetos, selecionou-se a metodologia de análise custo-benefício para criar o modelo de avaliação. Esta decisão sustentou-se na possibilidade de contabilização e avaliação de todos os fatores envolvidos (tangíveis e intangíveis).

Concluiu-se que a construção destas infraestruturas deve considerar os tipos de custos associados à manutenção e prevenção da corrosão nos gasodutos, contribuindo para uma nova área de estudo na indústria energética, nomeadamente na distribuição de gás natural, isto porque permite aliar os custos tangíveis aos intangíveis associados.

Assim, este estudo é importante para que se perceba como se podem intensificar futuramente os trabalhos de manutenção para prevenir corrosão de infraestruturas.

**Palavras-chave:** Corrosão, gás natural, manutenção preventiva, gasodutos, REN.

## Abstract

Most materials are in constant interaction with the environment. One of these interactions, especially for inorganic materials, is corrosion.

Although there are measures that regulate the practices that can be applied to prevent corrosion – which allow an estimated savings of between 15% and 35% of the associated global cost – they are not always applied by companies. Thus, the waste of metals and the costs associated with preventing, repairing and replacing the affected materials has become an issue that raises further concerns.

The focus of this study was to build a gas pipeline, based on the pipelines of REN, a leading Portuguese company in the electricity, natural gas and telecommunications sectors. The main objective was to assess the costs and benefits associated with the prevention and maintenance of corrosion, considering its future use and conservation. Through the literature review on methods to assess the feasibility of projects, the cost-benefit analysis methodology was selected to create the evaluation model. This decision was based on the possibility of accounting and evaluating all the factors involved (tangible and intangible).

It was concluded that the projects must consider the types of costs associated with the maintenance and prevention of corrosion in gas pipelines, contributing to a new area of study in the energy industry, namely in the distribution of natural gas, as it allows to combine the tangible costs with the associated intangibles costs.

Thus, this study is important to understand how maintenance work can be intensified in the future to prevent infrastructure corrosion.

**Keywords:** Corrosion, natural gas, maintenance prevention, pipelines, REN.

# Índice

<b>Análise económico-financeira associada à corrosão num gasoduto</b> .....	1
<b>Agradecimentos</b> .....	i
<b>Resumo</b> .....	ii
<b>Abstract</b> .....	iii
<b>Lista de Quadros</b> .....	vii
<b>Lista de Figuras</b> .....	vii
<b>Lista de Abreviações</b> .....	viii
<b>Capítulo 1 – Introdução</b> .....	1
1.1 – Contextualização do problema e motivação .....	1
1.2 – Objetivos.....	3
1.3 – Estrutura do documento .....	3
<b>Capítulo 2 – O setor do gás natural, corrosão e a REN</b> .....	5
2.1 – Gás Natural .....	5
2.2 – Transporte de gás natural .....	6
2.3 – Corrosão em gasodutos .....	7
2.4 – Corrosão no quadro mundial.....	10
2.5 – Panorama nacional .....	14
2.6 – Apresentação da empresa .....	14
<b>Capítulo 3 – Metodologia</b> .....	17
3.1 – Análise Custo-Benefício .....	17
3.1.1. Avaliação de bens não transacionáveis .....	19
3.1.2. Identificação do projeto .....	22
3.1.3. Análise de viabilidade.....	22
3.1.4 – Análise financeira .....	23
3.1.5 – Análise económica .....	24
3.1.6 – Análise de risco .....	24
3.1.7 – Exemplo de ACB .....	25
3.2 – Alternativas à Análise Custo-Benefício .....	25
3.2.1. Análise de Custo-Eficácia .....	25
3.2.2. Modelos Multicritério de Apoio à Decisão .....	30
3.2.3. Análise de Custo-Utilidade .....	32
3.3 – Justificação da escolha da ACB.....	33
<b>Capítulo 4 – Enquadramento e recolha de dados</b> .....	35
4.1 – Ativos tangíveis .....	35
4.2 – Ativos intangíveis .....	35

4.3 – Custos .....	36
4.3.1. Custos operacionais .....	36
4.4 – Recolha de dados .....	37
4.4.1. Tipos de entrevistas .....	37
4.4.2. Entrevistas realizadas .....	38
<b>Capítulo 5 – Discussão e análise de dados</b> .....	41
5.1 – Atualização dos valores monetários .....	42
5.1.1. Custo Médio Ponderado do Capital .....	42
5.1.2. Flow to Equity .....	44
5.1.3. Adjusted Present Value .....	44
5.1.4. Justificação da escolha do CMPC .....	45
5.2 – Enquadramento bibliográfico .....	45
5.3 – Projeto A .....	47
5.3.1. Custos associados ao projeto A .....	48
5.3.2. Benefícios associados ao projeto A .....	54
5.4 – Projeto B .....	56
5.4.1. Custos associados ao projeto B .....	56
5.4.2. Benefícios associados ao projeto B .....	60
5.5 – Apresentação e discussão de resultados .....	62
5.6 – Prospecção de valores .....	67
5.6.1. Número de incidentes anuais .....	68
5.6.2. Extensão do gasoduto .....	70
5.7 – Limitações do modelo .....	72
<b>Capítulo 6 – Conclusões</b> .....	75
<b>Bibliografia</b> .....	77
<b>Anexos</b> .....	85
Anexo I – Composição de países pertencentes às regiões económicas apresentadas .....	85
Anexo II – Guião para a primeira entrevista semiestruturada (30 de maio de 2018) .....	88
Anexo III – Guião para a segunda entrevista semiestruturada (30 de abril de 2019) .....	89
Anexo IV – Cálculo do RFR médio de 2018 .....	90
Anexo V – Valores do CP, P e Re de 2018 .....	91
Anexo VI – Valor referente à taxa de IRC em 2018 .....	92
Anexo VII – Valor referente ao Rd em 2018 .....	93
Anexo VIII – Cálculo dos Betas de acordo com os valores de RFR, MRP e Beta calculados para 2018 .....	94

Anexo IX – Cálculo do CMPC de 2018 .....	95
Anexo X – ACB do projeto A .....	96
Anexo XI – ACB do projeto B .....	97

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1</b> - Mecanismos causadores de falhas na indústria (Fonte: Ferrante, 2013).....	8
<b>Quadro 2</b> - Custo da corrosão por regiões económicas (Fonte: NACE International, 2013).....	11
<b>Quadro 3</b> – Custo das medidas de prevenção da corrosão (Fonte: NACE International, 2002). .....	12
<b>Quadro 4</b> - Custo por quilómetro da construção de diferentes gasodutos (Fonte: Andrew Bradford, 2018).....	13
<b>Quadro 5</b> - Custo de construção dos gasodutos da REN face à sua dimensão.....	41
<b>Quadro 6</b> - Categorias de gravidade dos cenários (Fonte: Norma Técnica Petrobrás N-2782, 2015). ....	48
<b>Quadro 7</b> - Quadro de incidentes e respetivas categorizações (Fonte: EGIG, 2018). ....	49
<b>Quadro 8</b> - Número de acidentes dada a extensão de gasodutos, no período de 2010 a 2017 (Fonte: Belvederesi, et al., 2018). ....	50
<b>Quadro 9</b> - Custo da corrosão [CdC] por setor nos EUA em 1998 (Fonte: NACE International Impact, 2016).....	51
<b>Quadro 10</b> - Custos referentes a incidentes provocados por corrosão em território europeu. ..	54
<b>Quadro 11</b> - Valores dos benefícios associados ao projeto A. ....	56
<b>Quadro 12</b> - Tipos de custos e respetivo valor, associados aos gasodutos da REN (Fonte: REN, 2019). ....	57
<b>Quadro 13</b> - Valores dos benefícios associados ao projeto B. ....	62
<b>Quadro 14</b> - Custo de ativo fixo tangível por 1.000km (Fonte: REN, 2018). ....	64
<b>Quadro 15</b> - Apresentação dos valores obtidos para os indicadores económicos de cada projeto. .....	67
<b>Quadro 16</b> - Variação de valores de acordo com a variação do número de incidentes anuais. 69	
<b>Quadro 17</b> - Variação de valores de acordo com a variação da extensão de gasoduto. ....	71

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> - Consumo de gás natural mundial por região, em bilião de metros cúbicos (Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 2017). ....	6
<b>Figura 2</b> - Custo da corrosão nos Estados Unidos (Fonte: NACE International e FHWA, 2002). .....	10
<b>Figura 3</b> - Estrutura acionista REN (Fonte: REN, 2021). ....	15
<b>Figura 4</b> - Custos totais relativos a danos ambientais (Fonte: Belvederesi, Thompson e Komers, 2018). ....	50
<b>Figura 5</b> - Evolução da extensão dos gasodutos por ano, no período de 1970 a 2016 – extensão média de 93.000 kms na rede europeia (Fonte: EGIG, 2018). ....	53
<b>Figura 6</b> - Número de acidentes por ano, no período de 1970 a 2016 – média de 29 incidentes por ano na rede europeia (Fonte: EGIG, 2018). ....	54



## Lista de Abreviações

ACB – Análise Custo-Benefício

ACU – Análise de Custo Utilidade

AFI – Ativos Fixos Intangíveis

AFT - Ativos Fixos Tangíveis

APV – *Adjusted Present Value*

AS – Análise de Sensibilidade

BP – *British Petroleum*

CAPM - Capital Asset Pricing Model

CDC - Custo da corrosão

CdC – Custo da Corrosão

CEA – Análise de Custo-Eficácia

CGT - *Columbia Gas Transmission*

CMPC/ WACC – Custo Médio Ponderado do Capital (*Weighted Average Cost Of Capital*)

CONCAWE - *The Oil Companies European Association for Environmental, Health and Safety in Refining and Distribution*

CVCE - *Confined Vapor Cloud Explosion*

DALY – *Disability Adjusted Life Years*

DTCPM - Divisão Técnica de Corrosão e Proteção de Materiais

EBIT – Resultado Operacional

EBITDA – Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização

ECT – Teste de Corrente de Foucault (*Eddy Current Testing*)

EDP – Energias de Portugal

EGIG – *European Gas Industry Group*

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

EUA – Estados Unidos da América

FHWA – Administração Federal Rodoviária dos Estados Unidos (*Federal Highway Administration*)

FTE – *Flow to Equity*

GIS – Sistemas de Informação Geográfica (*Geographic Information Systems*)

GNL – Gás Natural Liquefeito

ILI – Inspeções em Linha

INE – Instituto Nacional de Estatística

IRC – Imposto sobre o Rendimento de Pessoas Coletivas

ITS - *Interest Tax Shield*

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry

KKS – Proteção contra Corrosão Catódica (*Kathodische Korrosionsschutz*)

Km – Quilómetros

MMDA – Modelos multicritério de Apoio à Decisão

MRP – *Market Risk Premium*

NDT – Ensaio Não Destrutivo

NICE – *National Institute for Health and Clinical Excellence*

OPS – *Office of Pipeline Safety*

pH – Potencial Hidrogeniónico

PHMSA – *Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration*

PIB – Produto Interno Bruto

PIMS – *Pipeline Integrity Management System*

PRM – Posto de Regulação e Medida

QALY – *Quality Adjusted Life Year*

RAB – Rendimento Anual Bruto

RCB – Rácio Custo-Benefício

RCE – Razões de Custo-Eficácia

RCEI – Relação Custo-Eficácia Incremental

Rd – Custo da Dívida (Passivo)

Re – Custo do Capital Próprio

REN – Redes Energéticas Nacionais

RFR – Risk Free Rate

RL – Resultado Líquido

RNTGN - Rede Nacional de Transporte de Gás Natural

SAW – *Simple Additive Weighting*

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

SEN – Sistema Eléctrico Nacional

SNGN – Sistema Nacional de Gás Natural

TIR – Taxa Interna de Retorno

UE – União Europeia

VAB – Valor Acrescentado Bruto

VAL – Valor Acrescentado Líquido

WTP – *Willingness To Pay*

## Capítulo 1 – Introdução

O objetivo deste capítulo é contextualizar o tema desenvolvido ao longo da dissertação. O enquadramento do tema no paradigma atual é também apresentado neste capítulo, assim como são definidos objetivos do projeto, assim como o método de desenvolvimento de trabalho, e qual a estrutura da presente dissertação.

### 1.1 – Contextualização do problema e motivação

A maioria dos materiais presentes no nosso planeta estão em constante interação com o meio ambiente. Independentemente da sua origem orgânica ou inorgânica, estas interações são fundamentais, e relevantes, para todos os tipos de materiais, uma vez que, perante a existência de um número considerável de agentes, podem causar inúmeras alterações ou danos aos materiais. Uma importante interação entre o material e o ambiente, especialmente para materiais inorgânicos, é a corrosão.

De acordo com a International Union of Pure and Applied Chemistry [IUPAC] (2014), a corrosão é a “reação interfacial irreversível de um material (metálico, cerâmico, polimérico) com o meio envolvente que resulta no consumo do material ou na dissolução para o interior do material de um componente do meio” .

Embora grande parte do material corroído seja reutilizado como sucata, a degradação das peças ou estruturas envolvem elevados custos de reparação (ou substituição) das partes afetadas, assim como podem causar danos críticos ao seu meio envolvente, em vertentes ambientais, económicas, patrimoniais e até sociais. Assim, o desperdício de metais e os custos associados à monitorização, prevenção, reparação e substituição dos materiais devido à corrosão tornou-se um problema atual que gera preocupações acrescidas (Snow, 2003).

A corrosão é um problema que, para além de atual, se tornou também histórico e global, pois ao longo da evolução da nossa espécie e ainda na pré-história, aprendemos a trabalhar com os metais e a corrosão revelou-se desde cedo um grave problema. Passados tantos anos, a corrosão continua a ser um obstáculo em várias atividades e acompanha-nos no nosso dia a dia, provocando prejuízos materiais, podendo também colocar em causa a nossa segurança. Podemos observar o processo corrosivo diariamente, por exemplo, nos automóveis e eletrodomésticos, nas infraestruturas e património, alimentação e saúde e, como observaremos ao longo desta dissertação, nas indústrias químicas e petrolíferas. Outra atividade frequentemente afetada é a engenharia civil, pois a corrosão é uma problemática que pode originar uma diminuição na capacidade resistente das estruturas por perda de secção e, em último caso, colapsos de estruturas (Frauches-Santos *et al.*, 2013).

Tendo em conta as consequências negativas causadas pela corrosão, considera-se fundamental que as grandes empresas ponderem os impactos da corrosão nos seus setores de negócio e atividades diárias, percebendo a importância de aplicar medidas preventivas na sua indústria.

Numa primeira fase é de fundamental importância identificar as diversas formas de corrosão e, posteriormente, avaliar a melhor forma de reduzir os seus danos, assim como os seus impactos.

Um estudo iniciado pela NACE *International* (2016) sobre medidas internacionais de prevenção, aplicação e economia das tecnologias de corrosão, afirma que o custo global anual da corrosão é de cerca de 2,27 milhões de milhões de euros. Neste estudo é referido que as práticas de controlo de corrosão existentes não são totalmente aplicadas pelas empresas, sendo que a sua aplicação permitiria uma poupança estimada entre 15% e 35% do custo global associado à corrosão.

Considerando a tendência de crescimento do setor da construção e reabilitação (considerada um motor importante de revitalização do setor) de infraestruturas é cada vez mais importante considerar os efeitos da corrosão nos materiais associados à sua construção (Silva, 2020). A sustentabilidade, enquanto tendência global e transversal a todos os setores, tem crescido nas últimas décadas e as empresas são cada vez mais pressionadas a ter uma política ambiental que as encaminhe para construções sustentáveis. A aposta na sustentabilidade, associada à prevenção da corrosão na construção e reabilitação de infraestruturas, é crucial quando constatados factos como o seguinte: "A cada 90 segundos, em todo o mundo, uma tonelada de aço é consumida pela corrosão; de cada duas toneladas de aço produzido, uma é para substituir o aço corroído. Ao proteger uma tonelada de aço contra a corrosão, economiza-se energia suficiente para atender às necessidades de um agregado familiar médio durante várias semanas" (Instituto dos Materiais Não Ferrosos [ICZ], s.d.).

Portugal é delimitado, na sua maioria, por uma vasta costa, o que faz com que o mar tenha uma forte influência na economia portuguesa. Existe uma aposta estratégica neste tipo de economia, uma vez que esta se estende a vários setores decisivos para o crescimento económico e a sua sustentabilidade. Fenómenos como a corrosão são fortemente acelerados pelo mar, sendo a principal causa dos custos de manutenção de infraestruturas expostas ao mar, exigindo uma maior robustez no que respeita à proteção do material e infraestruturas, e da implementação de estratégias de gestão e combate à corrosão (Nd e Ran, 2016).

No nosso país, a manutenção e prevenção da corrosão são temas pouco abordados ao nível da literatura, pelo que esta dissertação surge com o propósito de enriquecer a literatura, assim como realizar um estudo económico-financeiro para auxiliar a Redes Energéticas Nacionais [REN], empresa responsável pelas principais infraestruturas de transporte de eletricidade e gás natural, na tomada de decisões estratégicas relativas a atividades de combate à corrosão. Neste sentido, a REN beneficiará deste estudo na medida em que possui uma larga extensão de gasodutos, sendo que existe a tendência de crescimento dos mesmos. Assim, através deste estudo será possível aferir se a aposta em atividades de prevenção e corrosão de infraestruturas possui uma representatividade significativa nos projetos que visam aumentar a extensão dos gasodutos, bem como os impactos associados à negligência destas atividades nestes projetos.

A escolha desta temática e da REN é proveniente do meu interesse pessoal pelo setor energético, bem como pela corrosão, que tem sido um problema que há vários anos preocupa e afeta este setor. Assim, este trabalho abrangerá tecnologias de prevenção da corrosão, assim como de proteção de materiais.

## 1.2 – Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é avaliar os custos e benefícios associados à prevenção e manutenção da corrosão num projeto de construção de um gasoduto, tendo em conta a sua utilização e manutenção futura. Assim, será feito o levantamento de todos os custos e impactos associados à construção e utilização de uma extensão de 1.000 quilómetros [km] de um gasoduto, com o intuito de criar um modelo de análise custo-benefício que possibilite a contabilização e avaliação de todos os fatores envolvidos, sendo estes tangíveis e intangíveis, possibilitando a sua repercussão no bem-estar do ambiente, património e população. Posteriormente, o modelo poderá ser replicado para outros troços, através da realização de pequenos ajustes de acordo com a extensão do projeto, de forma a apurar quais os impactos resultantes, de rotinas ou falta das mesmas, associadas a atividades de prevenção e manutenção de infraestruturas, isto claro, considerando alguns aspetos que possam ser específicos ao novo projeto em análise.

Para atingir os objetivos descritos anteriormente é efetuado, numa primeira fase, o levantamento bibliográfico relativo ao fenómeno da corrosão e aos seus sistemas de proteção e manutenção. Seguiu-se a análise de documentos normativos com o objetivo de recolher informação sobre as diversas metodologias existentes para a análise deste tema. Posteriormente, realizou-se o apuramento e análise às componentes de investimento e custo operacional na prevenção e monitorização da corrosão nos gasodutos da REN. Por fim, foram desenvolvidos e comparados dois projetos de construção de gasodutos com diferentes abordagens face à problemática da corrosão: um estudo baseado na posição adotada pela REN face ao tema em questão e um estudo a um gasoduto sem qualquer investimento na manutenção e prevenção da corrosão.

## 1.3 – Estrutura do documento

Este subcapítulo apresenta a organização desta dissertação, descrevendo os capítulos que a constituem.

Este documento encontra-se dividido em seis capítulos, sendo que o primeiro descreve o contexto em que surge o problema em estudo e os objetivos aos quais se pretende responder com a realização desta dissertação.

No segundo capítulo é explicado o conceito de gás natural, a sua importância e o modo como é transportado. Explora-se também o conceito de corrosão em gasodutos e o seu panorama a nível nacional e mundial. Por fim, é apresentada a empresa em estudo, a REN, dando-se a conhecer a sua história.

No terceiro capítulo são exploradas várias metodologias de avaliação de projetos e de apoio à decisão e analisadas as suas características, vantagens e limitações. São também apresentados estudos realizados no âmbito da avaliação de projetos no contexto da corrosão.

No quarto capítulo é realizada uma revisão da literatura que sustenta os dados e a metodologia adotada na respetiva recolha.

No quinto capítulo surge o desenvolvimento do modelo com recurso à aplicação da metodologia Análise Custo-Benefício [ACB], procedendo-se à análise e interpretação dos resultados obtidos face ao modelo construído com os dados recolhidos. Por fim, são realizadas prospeções de valores a indicadores definidos com o intuito de ter uma perspetiva realista do panorama atual.

No último capítulo são apresentadas as conclusões e limitações do estudo, assim como recomendações e sugestões de possíveis considerações para desenvolvimento futuro.

## Capítulo 2 – O setor do gás natural, corrosão e a REN

Com este capítulo pretende-se apresentar o conceito de gás natural e explicar como é que esta fonte de energia, de origem natural, é transportada no panorama mundial. Depois, aplicando-se ao território nacional, faz-se uma breve apresentação da empresa responsável pela receção, armazenamento, transporte e distribuição de gás natural em Portugal.

### 2.1 – Gás Natural

O gás natural é um combustível fóssil encontrado em bacias sedimentares marinhas e terrestres, proveniente de restos de pequenos animais marinhos e plantas que morreram há milhares de anos. Com o passar do tempo, desenvolveram-se grandes camadas de sedimentos, com milhares de metros de espessura que, quando submetidos ao calor e à pressão provenientes da Terra, alteraram esta mistura orgânica, dando origem ao gás natural (*The NEED Project, 2017*).

Existem várias categorias para descrever a utilização do gás natural, organizadas a partir das suas principais áreas de utilização: gás urbano (utilizado na cozinha e aquecimento centralizado), combustível industrial (projetos industriais movidos a gás natural), gás para gerar energia (energia de gás distribuída, centrais de energia de pico de gás natural ou cogeração), gás químico (produção de hidrogénio a partir de gás natural) e gás rodoviário (utilização em transportes públicos, logística de carga e transporte marítimo movido a gás natural, entre outros) (Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma, 2012).

O gás natural ocupa o segundo lugar no consumo de energia, com uma média a rondar os 25% da totalidade de energia que é usada mundialmente, sendo o primeiro lugar pertencente ao petróleo. Encontra-se também em segundo lugar na produção de eletricidade, logo após o carvão, produzindo eletricidade com maior eficiência e com menos emissões quando comparado com as outras fontes de energia existentes. Cerca de um terço desta energia é utilizada como fonte de calor, sendo que a restante percentagem se encontra distribuída por diferentes setores, entre os quais se encontram o residencial e o comercial, servindo também de matéria-prima na indústria petroquímica (*The NEED Project, 2017*).

Com base nos dados apresentados pela *British Petroleum [BP] (2017)*, a Rússia, o Irão e o Catar possuem as maiores reservas de gás natural, sendo que juntos detêm quase metade das reservas existentes em todo o Mundo.

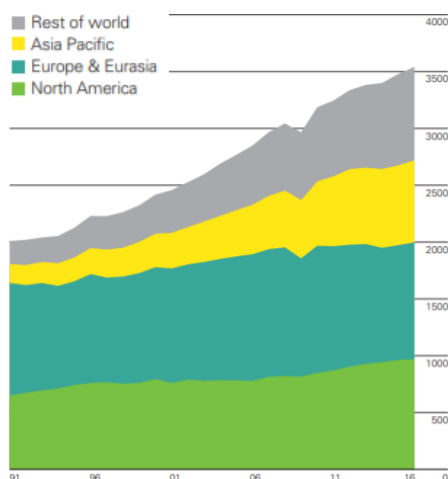
Todo o desenvolvimento tecnológico, no campo da exploração, produção e transporte ao nível das aplicações, em conjunto com a menor emissão de dióxido de carbono e o seu preço competitivo, são fatores chave que impulsionam todo o potencial de expansão e de crescimento da procura do gás natural (Soares, 2009).

Segundo o *Central Intelligence Agency World Factbook (2016)*, os países que apresentam os maiores consumos de gás natural são a Alemanha, com um consumo de 773.200 milhões de m<sup>3</sup> em 2015, seguida dos Estados Unidos da América, México, Rússia e China. Portugal ocupa a



quingagésima sétima posição nesta lista, com um consumo total de 8 371 milhões de m<sup>3</sup> em 2015.

Atualmente, não existe nenhuma fonte de energia com um crescimento tão longo e consistente ao nível da procura, como o gás natural. De acordo com os dados do *BP Statistical Review of World Energy* (2017), ao longo dos últimos 50 anos, a única quebra existente no crescimento da procura foi entre 2008 e 2009, durante a crise financeira, como pode ser verificado na Figura 1.



**Figura 1** - Consumo de gás natural mundial por região, em bilhão de metros cúbicos (Fonte: *BP Statistical Review of World Energy*, 2017).

## 2.2 – Transporte de gás natural

Após a sua extração, o gás natural é transportado ao longo de milhares de quilómetros. O seu transporte poderá ser realizado de duas formas: feito em embarcações, designadas por navios-tanque de gás natural liquefeito [GNL], onde posteriormente é transformado em gás, sendo transferido desses navios-tanque para gasodutos; ou feito em gasodutos, que são redes de segmentos de “tubos” que transporta o gás natural (*Commission de Régulation de l'Énergie*, 2004).

Um gasoduto é uma rede de tubagens de grande diâmetro, construído em aço carbono, numa construção totalmente soldada que podem estar à superfície ou subterrâneos. A finalidade destas tubagens é transportar o gás natural desde a sua região produtora até diferentes regiões consumidoras. A exploração do gás natural através de gasodutos remonta a meados do século XX, pelo que se pode classificar este tipo de infraestruturas como sendo recentes. Os gasodutos são considerados seguros, economicamente viáveis e pouco poluentes. Não obstante aos pontos fortes dos gasodutos, existem também desvantagens na sua utilização, uma vez que existem dificuldades acrescidas na alteração de percursos ou de quantidades a transportar, ou na sua construção, em que é necessária a destruição de diferentes ecossistemas (Soares, 2009).

## 2.3 – Corrosão em gasodutos

Os gasodutos são um dos modos mais seguros para transportar gás natural. Apesar de serem muito confiáveis, existe sempre preocupação por parte do setor com a sua segurança e integridade, uma vez que, um acidente num gasoduto pode ter consequências a nível económico, social e na imagem da empresa (Cabral, 2007).

A Federação Europeia de Corrosão (1986, citado por Divisão Técnica de Corrosão e Proteção de Materiais [DTCPM], 2019) define a corrosão como uma interação físico-química entre um metal e o meio envolvente. Esta definição entende que a corrosão envolve sempre uma reação eletroquímica e, assim, é apenas aplicável a metais.

A corrosão, sendo uma interação entre um metal e o ambiente que o rodeia, pode provocar mudanças nas propriedades do metal, o que segundo Isecke *et al.* (2011), pode levar ao comprometimento significativo das suas funções.

A corrosão é um dos principais processos causadores de falhas em equipamentos e tubulações de plataformas de produção e transporte de gás natural. Estas falhas, além de prejudicarem a imagem das companhias distribuidoras, causam prejuízos relacionados com a continuidade operacional e estão associados a altos custos de manutenção. À corrosão estão também associados riscos para a saúde dos trabalhadores e sérios problemas ambientais (Lemos *et al.*, 2016).

Ao ser explorado, o gás natural possui diferentes contaminantes, entre os quais a água, o sulfureto de hidrogénio, o oxigénio e o dióxido de carbono. Estas substâncias comprometem a qualidade do gás a ser consumido e são corrosivas, pelo que devem ser monitorizadas, preferencialmente eliminadas. Se tal se verificasse, a taxa de corrosão diminuiria drasticamente. Devido à grande extensão dos gasodutos, a área superficial exposta ao gás é muito grande e, por isso, existe uma quantidade de agentes de corrosão considerável que pode causar grandes transtornos operacionais (Silva *et al.*, 2001).

Dentro de todas as falhas que ocorrem na indústria, estima-se que grande parte esteja associada à corrosão, como se pode observar no Quadro 1.

**Quadro 1 - Mecanismos causadores de falhas na indústria (Fonte: Ferrante, 2013).**

<b>Mecanismo</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Corrosão	29
Fadiga	25
Fratura frágil	16
Sobrecarga	11
Corrosão em alta temperatura	7
Corrosão sob tensão / fadiga combinada com corrosão	6
Fluência	3
Desgaste, abrasão e erosão	3

Perante todas as falhas e séries de fracassos em gasodutos, têm sido implementadas novas regulamentações e práticas de controlo e prevenção da corrosão. De acordo com o Dec. Lei nº 140/ 2006 de 26 de julho, os troços de gasodutos aéreos ou instalados à superfície devem ser protegidos externamente contra os agentes atmosféricos e eventuais ações mecânicas, mediante pintura, metalização, guarda mecânica ou qualquer outro processo adequado. Os troços de tubagem em aço, enterrados ou submersos, devem ser protegidos por intermédio de um revestimento de proteção adequado (proteção passiva) e devem ser providos de um sistema de proteção catódica (proteção ativa).

Os gasodutos estão sujeitos a dois tipos de corrosão: interna e externa.

A corrosão interna é considerada a principal forma de desgaste dos gasodutos, causada principalmente por reações entre o gás natural e contaminantes que possam estar presentes na sua composição. Este tipo de corrosão ocorre principalmente na geratriz inferior e nas partes do vale do perfil longitudinal dos gasodutos. Tal acontece porque o regime de escoamento é normalmente laminar e a água, sendo o agente corrosivo mais frequente, é mais pesada que a maioria dos fluídos transportados e acaba por se acumular nestes locais, dependendo naturalmente do estado em que se encontra (Petrobras, 2000).

A corrosão externa deve-se, essencialmente, à exposição a fenómenos da natureza, como chuvas, radiação solar e variações da temperatura. A prevenção para este tipo de corrosão é feita, maioritariamente, através de um revestimento externo, que isola o gasoduto do meio envolvente complementado pela proteção catódica, que consiste na injeção de corrente elétrica no gasoduto e o seu posterior retorno para o solo. Assim, se existir alguma falha no revestimento é gerada corrente elétrica através de retificadores existentes ao longo dos gasodutos, de forma a evitar a ocorrência de corrosão externa (Petrobras, 2000).

A monitorização da corrosão é um processo fundamental tanto para medir a corrosão, como a degradação dos gasodutos ou de qualquer componente de um equipamento (Petrobras, 2000). Todavia, ainda existe uma grande dificuldade na identificação dos locais onde a corrosão se desenvolve, o que torna inevitável a ocorrência de falhas não previstas. Para se acompanhar a evolução do processo corrosivo no interior dos gasodutos, é comum a instalação de sondas de corrosão. Estes aparelhos permitem a monitorização da taxa de corrosão interna, possibilitam a identificação do processo corrosivo, associando-o às alterações no processo de escoamento do fluido (Lemos *et al.*, 2016).

É também comum a inspeção periódica com ferramentas *pig*. Estas ferramentas viajam pelo interior dos gasodutos, limpando-os e procedendo à análise da sua espessura com o objetivo de detetar a existência de possíveis defeitos nos tubos. Todavia, como estas inspeções têm um custo muito elevado, não são realizadas frequentemente, o que pode ter como consequência a falha na deteção precoce da corrosão.

Outra opção é a inserção de *cupons* de perda de massa em localizações ou pontos específicos do gasoduto. Estes *cupons* permitem verificar, registar e avaliar a forma de corrosão presente. Contudo, este método não permite que seja feita uma distinção entre o processo corrosivo localizado e generalizado (Carvalho, 1995).

Os sensores de resistência elétrica, que analisam o aumento da resistência elétrica em intervalos fixos de tempo, também são utilizados com o objetivo de monitorizar o grau de corrosão. Quanto maior o aumento da resistência elétrica, maiores serão os níveis de corrosão. Contudo, este método não permite verificar processos corrosivos localizados (Nóbrega *et al.*, 2003).

Existem também outros métodos para minimizar ou prevenir a corrosão. Um dos principais métodos, segundo Gentil (2012), é “o uso de inibidores de corrosão específicos, que correspondem a substâncias orgânicas ou inorgânicas que, quando adicionadas ao meio, diminuem ou evitam o desenvolvimento de reações corrosivas”. Outra técnica é a de estabilização de pH quando a quantidade de água de formação transportada nos gasodutos é baixa, o que aumenta a precipitação dos produtos de corrosão protetores na superfície do aço (Nyborg, 2009).

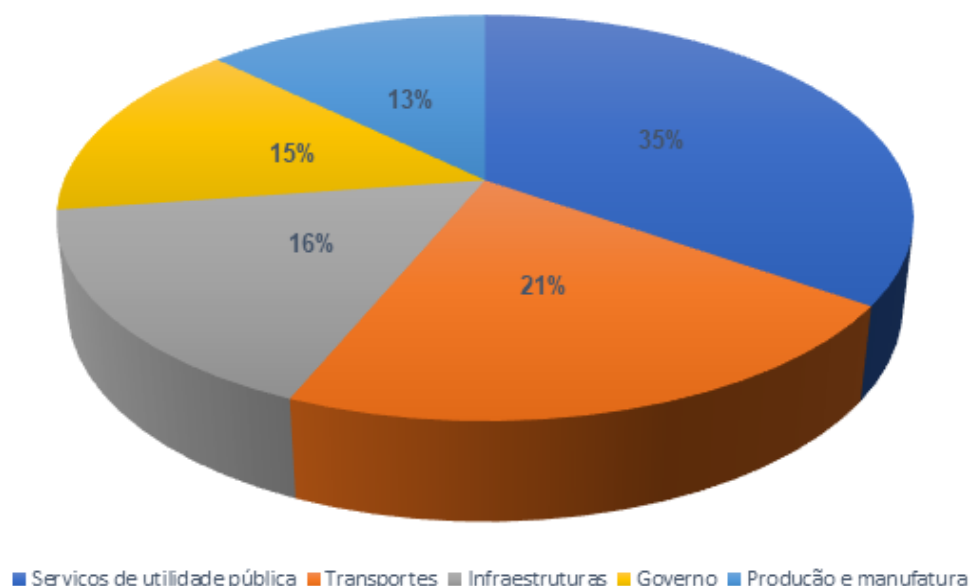
Todas as infraestruturas e equipamentos sofrem um impacto profundo quando afetados pela corrosão e pelos seus efeitos. Esse impacto é manifestado principalmente na manutenção, reparo e substituição dos materiais afetados, sendo que limita a disponibilidade, desempenho e as condições dos materiais, afetando igualmente as instalações das infraestruturas (Thompson *et al.*, 2005). Como demonstrado, existem várias medidas de prevenção da corrosão que podem ser adotadas pelas empresas, de forma a precaverem elevados gastos na reparação ou substituição de secções dos gasodutos. Apesar da prevenção se apresentar como um conjunto de medidas fundamentais para evitar possíveis acidentes, requer um investimento muito alto e, por isso, nem todas as empresas apostam neste fator da mesma forma.

## 2.4 – Corrosão no quadro mundial

A corrosão tem um impacto considerável no panorama económico mundial e, por isso, foram realizados diversos estudos de impacto financeiro. A *ASM International*<sup>1</sup> (2000) realizou um estudo que concluiu que a corrosão tinha um custo para os Estados Unidos da América [EUA] de cerca de 300 000 milhões de dólares. Este estudo baseou-se num anterior, realizado em 1975, onde foram analisados 130 setores industriais e se revelou que, nesse ano, a corrosão custou aos EUA 82 000 milhões de dólares, valor que corresponde a cerca de 4,9% do Produto Interno Bruto [PIB]. Concluiu-se também que 60% desses custos não podiam ser evitados, mas que os restantes 40% devem-se, essencialmente, a falhas na utilização dos materiais, ou seja, podiam ser evitados. Em 1996, esse valor reduziu 5%.

Posteriormente, em 2002, a *NACE International* e a *FHWA*, apresentaram um estudo intitulado “*Corrosion costs and preventive strategies in the United States*”, tendo por base uma análise de 1999 a 2001. Com este estudo pôde comprovar-se que os custos diretos estimados da corrosão nos EUA apresentaram valores de 276 mil milhões de dólares, o que se traduziu em aproximadamente 3,1% do PIB.

Quando analisada a indústria nos EUA, o estudo referido mostra que os custos diretos associados à corrosão foram estimados em cerca de 123,8 mil milhões de euros. A indústria foi separada em diferentes setores, e foram atribuídas percentagens de custo associados a cada um deles, como se pode verificar na Figura 2.



**Figura 2** - Custo da corrosão nos Estados Unidos (Fonte: *NACE International* e *FHWA*, 2002).

<sup>1</sup>A *ASM International* é a sociedade dos materiais, engenheiros e cientistas, uma rede mundial dedicada ao avanço da indústria, tecnologia e aplicações de metais e materiais.

Pode assim analisar-se o valor total de custos atribuídos a cada setor:

- Serviços de utilidade pública – 43,33 mil milhões de euros;
- Transportes – 26 mil milhões de euros;
- **Infraestruturas – 19,81 mil milhões de euros;**
- Governo – 18,57 mil milhões de euros;
- Produção e Manufatura –17,09 mil milhões de euros.

Os custos associados à corrosão em gasodutos estão incorporados no setor das infraestruturas. Do valor total atribuído a este setor, a corrosão, especificamente em gasodutos, tem um custo total de 6,4 mil milhões de euros, o que corresponde a cerca de 32% do total gasto no setor das infraestruturas e de cerca de 5% do custo total da corrosão. Estes valores foram extrapolados para a economia total dos EUA (7,89 milhares de milhões de euros), contabilizando um custo anual de corrosão de cerca de 247,6 mil milhões de euros.

Os valores apresentados correspondem a uma estimativa conservadora, uma vez que, apenas os custos dos ativos tangíveis foram utilizados neste estudo.

Em 2013, a NACE *Internacional* realizou um novo estudo a nível global, onde foi estimado o custo associado à corrosão por região e por setor. Os valores estimados poderão ser observados no Quadro 2.

**Quadro 2 - Custo da corrosão por regiões económicas (Fonte: NACE *Internacional*, 2013).**

Regiões Económicas	Custo da corrosão (mil milhões €)			
	Agricultura	Indústria	Serviços	Total
Estados Unidos da América	1,78	269,85	129,94	401,66
Índia	15,75	18,07	28,75	62,57
Europa	3,12	356,87	264,33	624,34
Mundo Árabe	11,84	30,44	82,41	124,69
China	50,02	171,33	130,12	351,46
Rússia	4,81	33,11	37,29	75,21
Japão	0,53	40,85	4,54	45,92
Four Asian Tigers e Macau	1,34	26,61	24,30	52,15
Resto do Mundo	46,64	340,43	104,66	491,73
<b>Global</b>	<b>135,81</b>	<b>1.287,56</b>	<b>806,34</b>	<b>2.229,72</b>

As regiões económicas apresentadas são compostas pelos países apresentados no Anexo I.

Contudo, a Figura 2 e o Quadro 2 encontram-se incompletos, uma vez que não fazem qualquer referência aos custos dos ativos intangíveis associados à corrosão. A quantificação deste tipo de ativos constitui-se um grande desafio, isto porque são de difícil mensuração - incluem as despesas subsequentes resultantes da corrosão (perda de produtividade perante interrupções, atrasos e falhas, por exemplo). A grande maioria de estudos realizados sobre a mensuração de custos são concentrados em ativos tangíveis. Todavia, estima-se que os custos relativos a ativos intangíveis sejam significativamente superiores aos custos relativos a ativos tangíveis.

Utilizando um exemplo prático, caso um gasoduto subterrâneo falhe devido à corrosão, para além da reparação do mesmo, todas as infraestruturas (desde residências a empresas) poderão ficar sem acesso a gás natural, durante várias horas ou até dias. Além da falta de gás natural, poderia ocorrer um vazamento do mesmo, o que causaria inúmeros danos aos moradores locais na área e traria consequências adversas para a saúde pública (Diehl e Clea, 2017).

O estudo da NACE *International* em parceria com FHWA (2002) referido anteriormente, determinou que o desenvolvimento de uma abordagem que incluía tanto a inspeção dos gasodutos, como as estratégias de prevenção de corrosão, permite grandes reduções de custos na manutenção dos gasodutos. As estratégias de inspeção devem incluir inspeções em linha, testes hidrostáticos e avaliações diretas, dependendo das condições da tubulação. Perante o desenvolvimento de novas e aprimoradas técnicas de inspeção e modelos de previsão de corrosão, poderão ser definidos intervalos de inspeção com mais precisão. Com este avanço também se conseguiriam priorizar estratégias de prevenção de corrosão mais eficazes e, numa última análise, aumentar a vida útil dos gasodutos, garantindo segurança e um transporte de gás natural economicamente eficaz.

O mesmo estudo determinou todos os custos anuais que envolvem as medidas referidas anteriormente e está representado no Quadro 3.

**Quadro 3 – Custo das medidas de prevenção da corrosão (Fonte: NACE *International*, 2002).**

<b>Medidas de prevenção da corrosão em gasodutos</b>	<b>Custo da corrosão (milhões de euros)</b>
Revestimentos protetores	96.650
Ligas resistentes	6.850
Inibidores	980
Plásticos / Polímeros	1.600
Proteções catódicas e anódicas	890
Serviços de controlo	1.070
<b>Total</b>	<b>108.040</b>

Andrew Bradford (2018), diretor executivo da BTU *Analytics*<sup>2</sup>, realizou um estudo para avaliar os custos de construção de gasodutos, focando-se na variação dos custos ao longo do tempo.

Deste estudo, foi possível concluir que os custos com a mão de obra e com o material estão cada vez mais elevados, assim como os custos dos terrenos e o nível de urbanização, que também desempenham um papel significativo nos custos de desenvolvimento do gasoduto.

No Quadro 4 podem verificar-se os custos de construção de diferentes gasodutos.

**Quadro 4 - Custo por quilómetro da construção de diferentes gasodutos (Fonte: Andrew Bradford, 2018).**

Gasoduto	Custo aproximado (€)	Quilómetros	Custo por quilómetro (€/km)
Atlantic Sunrise	2.303.320.000	317	7.265.993,69
Mountain Valley	3.293.000.000	490	6.720.408,16
Penn East	1.005.700.000	190	5.293.157,89
NE Energy Direct	2.937.000.000	613	4.791.190,86
Atlantic Coast	4.513.391.598	966	4.672.248,03
Sabal Trail	3.738.000.000	830	4.503.614,46
Nexus	1.864.788.025	414	4.504.318,90
Rover	3.632.980.000	824	4.408.956,31
Constitution	607.870.000	200	3.039.350,00
Midship	912.445.639	320	2.851.392,62
Gulf Coast Express	1.557.500.000	802	1.942.019,95
Rockies Express	4.450.000.000	2.702	1.646.928,20

A elevada variação do custo por quilómetro deve-se essencialmente a fatores como a localização, tipo de solo, clima, entre outros.

As indústrias, com especial ênfase nas que se encontram permanentemente expostas a agentes corrosivos agressivos, devem apostar em vários métodos e técnicas de prevenção da corrosão, para que se evite o seu aparecimento. Um estudo realizado pela *Cor-Pro Systems* (s.d.), afirma que uma boa e efetiva proteção contra a corrosão pode prolongar a vida útil de um equipamento até 250%.

<sup>2</sup> A *BTU Analytics* fornece análises de dados de energia baseadas em fundamentos e consultoria para os mercados norte-americanos de petróleo, GNL e gás natural.



## 2.5 – Panorama nacional

Relativamente ao caso português, a participação do setor do gás natural na criação de riqueza na economia portuguesa é medida através do peso do Valor Acrescentado Bruto [VAB] do setor no VAB nacional, que é o mesmo que dizer no PIB avaliado a preços correntes, avaliado em cerca de 4100 milhões de euros. Desde 1999, a variação dos valores tem sido significativa, pelo que a taxa média de crescimento anual é de 11%. No entanto, considerando a população ativa em Portugal e a empregada no setor do gás natural, o nível de riqueza gerada por unidade de trabalho neste sector é quase dez vezes superior ao da economia (ERSE, 2017).

Portugal possui todas as condições para dinamizar este setor e implementar-se como uma referência a nível internacional. Porém, existem vários obstáculos económicos e de engenharia, que exigem uma estratégia planeada. Uma das principais causas dos elevados custos de manutenção de infraestruturas é a corrosão, entendida como a degradação do material devido à ação agressiva do meio ambiente. Em vários setores da União Europeia [UE], com predominância no industrial, os custos globais induzidos pela corrosão representam cerca de 3,5% do PIB, o que é um valor muito penoso para a economia (Nd e Ran, 2016). Em Portugal, o cenário mantém-se e o combate à corrosão tem um custo demasiado elevado.

Todavia, a implementação de estratégias e medidas de prevenção, proteção e gestão da corrosão podem conduzir a uma redução de cerca de 30% nos custos inerentes à degradação por corrosão de infraestruturas, produtos e equipamentos. Assim, tendo em conta o valor do PIB em Portugal (em 2016<sup>3</sup>), isso significa uma poupança de cerca de 1 400 milhões de euros que pode ser reinvestida em novas infraestruturas, reforçando desse modo a competitividade económica nacional (Rodrigues e Rocha, 2016).

## 2.6 – Apresentação da empresa

Segundo dados constantes no site da REN<sup>4</sup>, esta empresa foi inicialmente denominada de Rede Elétrica Nacional S.A. em 1994, como resultado da divisão de uma unidade de negócio da Energias de Portugal [EDP]. No ano de 2000, a REN obteve independência jurídica da EDP e, passo a passo, entrou em novos setores de atividade, nos quais opera atualmente.

Em 2007, a REN passou a assumir a forma de sociedade gestora de participações para negócios do gás natural e eletricidade, acabando por alterar a sua denominação para Redes Energéticas Nacionais, SGPS, S.A (REN, 2018).

Até ao final do ano de 2006, a atividade principal da REN consistia na gestão do Sistema Elétrico Nacional [SEN]. Contudo, exercia ainda a posição de *single-buyer* de energia elétrica, em Portugal Continental, no âmbito dos contratos de aquisição de energia em regime vinculado que foram celebrados entre 1993 e 1996 com alguns titulares de centros eletroprodutores térmicos e

---

<sup>3</sup>O PIB português em 2016 era 186.489.811 milhares de euros.

<sup>4</sup>[https://www.ren.pt/pt-PT/quem\\_somos](https://www.ren.pt/pt-PT/quem_somos) [acedido em 2018.12.20]

hídricos portugueses. Já no final do ano, a REN adquiriu ativos relacionados com o transporte, armazenamento subterrâneo e outras atividades de gás natural. Estes ativos incluíram a rede nacional de transporte de gás, participações em sociedades comerciais, três cavidades de armazenamento subterrâneo (sendo que uma destas estava ainda numa fase inicial de construção), o terminal de GNL e a unidade de regaseificação de Sines. Todos estes ativos foram adquiridos ao grupo Galp (REN, 2018).

Atualmente, a REN é uma empresa com um enquadramento nos setores de eletricidade, gás natural e telecomunicações. Na eletricidade, a REN opera em serviços de transmissão de alta voltagem e é a empresa responsável pela gestão do SEN. Estas atividades são realizadas através de uma concessão de 50 anos atribuída pelo estado português em serviço público e exclusivo à REN S.A., em 2007. Relativamente aos serviços de gás natural, a REN é responsável pela transmissão de gás natural em alta pressão. É a empresa responsável pela gestão do Sistema Nacional de Gás Natural [SNGN] e está encarregue da receção, armazenamento e regaseificação do gás natural. Estas atividades são realizadas através de uma concessão estatal portuguesa de 40 anos, que teve início em 2006. Por fim, o setor das telecomunicações representa apenas uma pequena parte das áreas de enquadramento da REN, explorando a capacidade extra da rede elétrica (REN, 2018).

A estrutura acionista da REN era altamente concentrada, estando 51% sob o domínio do Governo Português através da Capitalpor SGPS, S.A., Parpública, SGPS, S.A. e Caixa Geral de Depósitos. Contudo, com o programa financeiro acordado com a *Troika*, o governo português privatizou a REN, constituindo assim uma nova estrutura de *shareholders*, representada na Figura 3.



**Figura 3 - Estrutura acionista REN (Fonte: REN, 2021).**

O primeiro gasoduto da REN foi construído em 1996, mas apenas no ano seguinte o gás natural começou a ser transportado em Portugal, sendo a Autoeuropa o primeiro cliente (Vasconcelos, 2011).

Portugal não possui qualquer jazida de gás natural e, por isso, não há qualquer tipo de produção do mesmo no nosso território. Como tal, Portugal está limitado à importação de gás natural, realizada maioritariamente pela REN. Para o efeito, o território nacional possui duas entradas

principais de gás natural: por terra, onde o gás natural é diretamente introduzido na Rede Nacional de Transporte de Gás Natural [RNTGN] em alta pressão, vindo do gasoduto Europe Maghreb Pipeline (que liga Argélia a Espanha), e pelo mar, onde o gás natural chega ao terminal de Sines, com uma capacidade de armazenamento de 390 mil metros cúbicos de gás natural, mas sob a forma líquida. Em Sines, além dos terminais de receção, é feita a regaseificação do GNL (REN, 2007).

Segundo o Relatório e Contas da REN (2018), as suas infraestruturas de gás natural englobam a RNTGN, o Terminal de GNL de Sines e as instalações de armazenamento subterrâneo de gás natural, no Carriço.

A distribuição de gás natural pela REN encontra-se dividida em dois eixos: um eixo Sul-Norte, de Sines a Valença do Minho, responsável pelo abastecimento de gás natural à costa de Portugal, que abrange as regiões mais povoadas do país; e um eixo Este-Oeste, que se inicia em Campo Maior até perto da Figueira da Foz.

O gás natural transportado é dividido por centrais termoelétricas, para o armazém subterrâneo no Carriço e para as redes de distribuição, que fazem posteriormente a distribuição até ao consumidor final.

Atualmente, a REN possui uma extensão total de gasodutos de alta pressão de 1.375 km, 66 estações de junção para derivação de ramais, 45 estações de válvulas de seccionamento, cinco estações de interligação com ramais em T, 85 estações de regulação de pressão e medição de gás e duas estações de transferência de custódia. No ano de 2018, a REN concluiu um projeto de investimento que consistia na proteção anticorrosiva, isolamentos térmicos de tubagens e equipamentos para garantir a integridade do sistema (REN, 2018). Assim, pode constatar-se que a REN aposta em diferentes medidas de monitorização e prevenção da corrosão. Após uma reunião com o Engenheiro Carlos Sousa (comunicação pessoal, 30 de maio, 2018), foi realizado um levantamento de medidas de monitorização, preventivas e corretivas. Estas medidas de prevenção serão exploradas posteriormente, no decorrer do estudo.

## Capítulo 3 – Metodologia

### 3.1 – Análise Custo-Benefício

A ACB foi desenvolvida intensamente ao longo dos últimos 50 anos, relaciona-se com a noção de preferência humana e também com o conceito de bem-estar. Segundo Ward (1991), uma ACB tem como objetivo avaliar o impacto económico líquido de um projeto de investimento, podendo ser utilizada em várias situações. Este tipo de análise introduz a avaliação de decisões que têm um impacto direto na sociedade, permitindo considerar a viabilidade de projetos e avaliar os seus impactos, com base na comparação dos custos e dos benefícios de um determinado horizonte temporal (Mishan, 1994). A ACB é uma ferramenta analítica quantitativa importante para estimar os benefícios económicos dos projetos, mas também para considerar a eficiente alocação de recursos. O nível de análise utilizado deve ter em conta o impacto que o projeto tem na sociedade. Todos os impactos devem ser avaliados, quer sejam financeiros, económicos, sociais ou ambientais. O objetivo de uma ACB é identificar e atribuir um valor monetário a todos os impactos possíveis, com o intuito de determinar os custos e benefícios de um projeto. É também fundamental definir diferentes pressupostos e estimativas uma vez que estes elementos podem apresentar uma relação direta ou indireta com o projeto, bem como dispor de uma caracterização tangível ou intangível (Williams, 2008).

Posteriormente, esta análise agrupa os resultados, ou seja, os benefícios líquidos. Segundo a orientação sobre a metodologia para a realização de análises custo-benefício da Comissão Europeia (2003), os custos e os benefícios devem ser avaliados numa base incremental, tendo em consideração a diferença entre o cenário do projeto e um cenário alternativo sem o projeto. Os custos e benefícios podem ser suportados e ocorrer a diferentes níveis, pelo que tem de ser tomada uma decisão sobre quais são os importantes de considerar.

O impacto do projeto deve ser avaliado em comparação com objetivos definidos anteriormente. Assim, deve avaliar-se um projeto em comparação com indicadores microeconómicos, sendo que a ACB pode avaliar a sua coerência em relação a objetivos macroeconómicos específicos e a sua importância para os mesmos. Ao estimar os impactos potenciais de um projeto, verifica-se a existência de determinado nível de incerteza. Desta forma, a incerteza deve ser devidamente considerada e abordada na ACB (Weiss, 1998).

A aplicação desta ferramenta de apoio à tomada de decisão pode ser considerada em diversos projetos de diferentes setores de atividade, não existindo qualquer orientação padronizada para a sua aplicabilidade numa determinada área (Vörös, 2018). Neste sentido, a análise custo-benefício pode ser aplicada em qualquer fase de um projeto, sendo que a utilização antes da escolha do projeto (*ex ante*) permite analisar a sua realização ou o conjunto de projetos alternativos existentes, com base nos custos esperados, a previsão da procura e receita. Durante a execução do projeto (*in media res*), permite analisar os benefícios da continuidade do projeto e após a conclusão do projeto (*ex post*), através de uma análise criteriosa, permite avaliar a eficácia e o sucesso da sua implementação (Vörös, 2018; Odeck e Kjerkreit, 2019).

Segundo Saarikoski *et al.* (2016), a utilização desta metodologia tem como principal objetivo encontrar a alternativa mais eficiente, de forma a maximizar o bem-estar social na avaliação da viabilidade de um projeto de acordo com os recursos existentes, não representando uma análise exclusivamente económica. Assim sendo, a ACB promove a ponderação de fatores não-económicos no estudo de viabilidade de projetos, de forma a que as vertentes económica e social se conjuguem na valorização de custos e benefícios com o propósito de obter um valor total para o projeto que reflita todos os seus impactos. Saarikoski *et al.* (2016) referem que esta ferramenta considera o critério de Kaldor-Hicks, pois favorece a alternativa que incentiva à escolha de uma solução que assenta na base de compensação, dado que os que se encontram numa situação favorável podem compensar aqueles que se encontram numa situação desfavorável com os ganhos inerentes. Neste sentido, a escolha de um projeto com o seu conjunto de custos e benefícios permite favorecer um grupo de interesse em detrimento dos danos sofridos pelo outro. Este critério assenta no conceito da valorização monetária dos diferentes tipos de impacto do projeto, com base na determinação dos ganhos e perdas associadas ao mesmo.

A análise ACB justifica-se quando a atividade económica dá origem a custos ou benefícios sociais que excedem os privados (CEPS, 2015). Esta análise utiliza-se sempre antes de tomar alguma decisão, com o objetivo de avaliar se vale a pena cofinanciar um determinado projeto. Deve tentar averiguar-se se o projeto contribui para os objetivos da política regional, se promove o crescimento e fomenta o emprego. Assim torna-se importante introduzir uma análise económica e examinar o efeito em índices económicos estimados tais como o Valor Atual Líquido [VAL] do projeto. Segundo Amaral, Carvalho e Saias (2002), o VAL dá-nos a conhecer o valor no presente dos fundos gerados pelo projeto, uma vez remunerado e reembolsado o capital investido, ou seja, o VAL de um projeto corresponde ao somatório dos *cash flows* atualizados, deduzidos do investimento realizado. Sempre que este indicador seja positivo, os benefícios excedem os custos.

A avaliação de risco é uma parte importante do projeto porque permite compreender melhor a forma como os impactos estimados podem sofrer alterações, caso algumas variáveis consideradas não evoluam da forma prevista. Assim, como referem Dinwiddy e Teal (1996), uma análise de risco completa é importante para uma boa estratégia de gestão do risco.

A utilização da avaliação de risco possui diversas vantagens, sendo que este método tem como principal vantagem a possibilidade de dar suporte na tomada de decisão com base na análise exaustiva e na comparação de soluções, considerando múltiplos pressupostos e cenários alternativos (Williams, 2008). Por outro lado, a utilidade desta análise reflete-se na capacidade de integrar os diferentes impactos no bem-estar social e de permitir que o decisor obtenha um conhecimento detalhado relativamente aos custos e benefícios, resultante da identificação e valorização dos mesmos, promovendo uma decisão sustentada e devidamente ponderada. Adicionalmente, do ponto de vista económico, a agregação de indicadores financeiros permite efetuar uma avaliação do projeto, bem como analisar os efeitos sociais, económicos e ambientais abrangentes (Vörös, 2018). A ACB constitui um processo formal de avaliação da performance

de cada projeto através da análise dos benefícios monetários líquidos dos seus impactos (Jones *et al.*, 2014).

Contudo, a ACB possui algumas limitações na sua aplicação, dado que existe um grau de subjetividade na interpretação dos seus resultados associados às análises efetuadas para suportar a tomada de decisão, não conferindo total objetividade na ferramenta. Por outro lado, são considerados alguns pressupostos que não correspondem à realidade a longo-prazo, negligenciando algumas considerações (sobretudo ambientais) sendo que estas avaliações são extremamente sensíveis aos valores utilizados nas diferentes premissas, podendo alterar os resultados. Ainda assim, a dificuldade em atribuir uma valorização monetária a todos os elementos do projeto é uma das dificuldades existentes, dado que a sua exclusão dos resultados pode resultar numa apreciação pouco precisa (Jones *et al.*, 2014).

Adicionalmente, a utilização desta análise envolve uma componente social na qual a tomada de decisão pode ser diretamente influenciada pela condição social do decisor, ultrapassando a avaliação evidenciada pelos valores de mercado. Contudo, a análise da perceção do indivíduo relativamente à atribuição de um benefício, com base na sua condição social, pode determinar qual o critério de ponderação utilizado atribuindo maior credibilidade e sustentabilidade aos resultados (Sen, 2000).

No entanto, o conceito associado aos custos e benefícios intangíveis possui um grau de complexidade elevado, dado que é necessário considerar a sua valorização e os respetivos impactos no projeto. Estes custos, são maioritariamente associados a benefícios futuros e potencial de identificar novas oportunidades que possam traduzir uma vantagem competitiva a curto/médio prazo. Contudo, a mensuração destes custos e benefícios é um desafio acrescido no sentido de traduzir estes parâmetros de acordo com a sua valorização de mercado, dado que está dependente dos diferentes interesses associados ao projeto de acordo com os seus objetivos. Nesta análise, é fundamental ponderar a valorização e os preços dos mercados, bem como as tendências a que este se encontra sujeito de acordo com alguns métodos para auxiliar na tradução destes intangíveis em valores monetários. Algumas destas técnicas envolvem o estudo de mercado e técnicas de avaliação económica, que, frequentemente são utilizadas quando existem dificuldades em realizar estudos de mercado. Por outro lado, segundo Murphy e Simon (2001), a utilização destas técnicas apresenta algumas desvantagens, dado que a avaliação destes elementos intangíveis decorre num determinado enquadramento de negócio e envolve uma metodologia que centra a sua análise com base em dados retrospectivos, ou seja, no passado.

### 3.1.1. Avaliação de bens não transacionáveis

A valorização de produtos ou serviços transacionados através da ACB tem como base a sua análise de valor de mercado. Neste sentido, a dificuldade passa por utilizar uma metodologia adequada que permita modelar, avaliar e analisar a forma de valorização destes bens intangíveis

com base na tendência dos mercados. Contudo, ainda que estes elementos tenham um carácter não comercializável, possuem um impacto significativo na tomada de decisão (Allee, 2008).

Não obstante, a atribuição de valor a elementos intangíveis possui três dimensões fundamentais. A primeira dimensão representa o carácter negociável de bens intangíveis, dado que são mais valias económicas negociáveis. Por outro lado, a percepção de que um bem intangível pode ser visto como um produto final, representando benefícios de carácter informal que podem estar ocultos de indivíduos ou grupos de interesse, sendo que incluem características não remuneradas ou não contratuais, que favorecem relacionamentos. A terceira dimensão é orientada para a forma como os bens intangíveis são convertidos em elementos de valor num modelo de negócio, promovendo a valorização de ativos tangíveis. No entanto, a grande maioria das transações de bens intangíveis mantém as suas características intangíveis sem que sejam convertidas para um valor financeiro (Allee, 2008). As dificuldades na atribuição de valor monetário traduzem-se na inexistência de uma contabilização total de todos os elementos do projeto, provocando uma alteração nos resultados, podendo alterar a realidade dos mesmos e perturbar a viabilidade do projeto (Alpizar *et al.*, 2001).

Neste sentido, surgiu a necessidade de utilizar técnicas e ferramentas de avaliação *nonmarket*, sendo este termo frequentemente utilizado para definir produtos e serviços cujo valor não é possível de se apurar com base nos valores de mercado. De acordo com Boyer e Polasky, (2004), através da utilização destas técnicas, os produtos e serviços com falta de estimativas monetárias credíveis podem mensurar o valor da utilização de não consumíveis, o valor de utilização indireta de produtos ou serviços, valor de não utilização ou uso passivo, cujo bem é propriedade de um indivíduo, mas que nunca será utilizado de forma direta ou indireta. Para efetuar a valorização de produtos *nonmarket* existem duas abordagens metodológicas, o *Método de Preferência Revelada* e o *Método de Preferência Declarada*. Ambas as metodologias pretendem atribuir o valor de um bem para a sociedade, considerando a avaliação de preferência de um indivíduo relativamente à informação que este possui sobre o valor total de benefício promovido pelos produtos ou serviços (Alpizar *et al.*, 2001).

O *Método de Preferência Revelada* procura inferir o valor de um bem através da análise do comportamento do mercado com que este bem esteja diretamente relacionado. Esta abordagem apresenta como principal vantagem o facto de se basear em escolhas reais efetuadas por indivíduos, sendo que a sua avaliação se encontra sujeita a condições passadas e atuais de mercado do bem não comercial, impossibilitando a capacidade de mensurar os valores de não uso, existência ou legado. Os métodos principais associados a esta metodologia são: o *Método Hedónico*, o *Método de Custos de Viagem*, o *Método de Despesas Preventivas*, o *Método de Despesas Potenciais* e o *Método de Custo de Danos* (Alpizar *et al.*, 2001; Boyer e Polasky, 2004).

O *Método Hedónico* recorre aos valores de mercado para valorizar as características que contribuem para atribuir valor a um produto ou serviço. O método hedónico utiliza a valorização do mercado imobiliário, uma vez que é possível analisar a valorização das alterações nas características de localização e comodidade de um imóvel, que podem impactar o valor final do

imóvel, avaliando as alterações de valor por alterações na escolha do conjunto de alternativas existentes (Boyer e Polasky, 2004). Neste sentido, existe a estimativa do valor de um benefício com base nos valores praticados no mercado.

O *Método de Custos de Viagem* assenta na análise de solicitações de viagens de um cliente para diversos destinos e o valor que esse cliente está disposto a pagar para efetuar a viagem. Este método baseia-se na experiência recreativa, ou seja, os indivíduos realizam viagens com um determinado propósito: caçar, pescar, visitar, conhecer ou observar. Assim, o valor da viagem sofre alterações de acordo com as experiências que proporciona (Boyer e Polasky, 2004).

O *Método de Despesas Preventivas* refere-se à valorização do produto ou serviço através dos custos associados à sua troca (Boyer e Polasky, 2004). Este método é caracterizado pelo benefício associado aos custos evitados devido a um determinado impacto do projeto, sendo apresentado como valor poupado. Desta forma, é possível valorizar parcialmente o benefício, mesmo que o impacto não consiga ser captado na sua totalidade. O método de despesas preventivas é vantajoso porque, para além de simples, pode ser aplicado a uma enorme variedade de produtos e serviços, utilizando-se valores reais de mercado (Williams, 2008).

O *Método de Despesas Potenciais* consiste na valorização dos impactos associados aos gastos que os indivíduos têm para evitarem ou reduzirem a exposição a efeitos negativos. Assim, este modelo baseia-se no comportamento humano para diminuir a exposição a lesões, concertando-se a despesa individual com o tempo despendido. (Boyle, 2003).

O *Método de Custo de Danos* baseia-se nos custos associados aos danos provocados por um bem, não considerando estimativas de preços marginais ou excedentes. Este método foca-se apenas nos custos diretos que estão associados ao dano, bem como ao seu tratamento. Estes custos de tratamento são fundamentados pelas decisões individuais e da sociedade, face ao tratamento que consideram ser necessário fornecer, com a premissa de que um certo nível de tratamento que é fornecido a um indivíduo deve ter valor igualitário face ao valor que terá para a sociedade (Boyle, 2003).

Relativamente aos *Métodos de Preferência Declarada*, o principal objetivo é atribuir uma valorização aos bens não transacionáveis através da análise do comportamento dos indivíduos. Neste sentido, pretende-se analisar as respostas comportamentais em situações de escolha perante diversas alternativas, onde se pretende avaliar a utilidade que os atributos refletem nas preferências. Os principais métodos de preferência declarada são o método de valorização contingente e o método de experimentação de escolha.

No *Método de Valorização Contingente* é solicitada aos inquiridos uma indicação sobre o montante que estariam disponíveis a pagar por um produto ou serviço (Boyer e Polasky, 2004).

O *Método de Experimentação de Escolha* baseia-se no comportamento humano, isto é, os indivíduos são expostos a um inquérito por questionário com um conjunto de pressupostos de carácter realista, compostos por combinações próprias de atributos. Depois, efetuam escolhas



de forma a que se consigam avaliar as suas preferências relativamente aos bens e serviços não-transacionáveis no mercado (Niroomand e Jenkins, 2018). Os indivíduos terão de escolher a hipótese que considerarem mais atrativa e ordenar por preferência as restantes. Esta técnica permite que os indivíduos analisem os *trade-offs* entre o conjunto de pressupostos que lhes é apresentado. Os pressupostos são definidos por um determinado número de atributos, entre os quais o valor monetário da hipótese. Esta metodologia atribui o valor total a um bem tendo por base as avaliações que cada um dos indivíduos realiza a um bem individualmente. Nesta avaliação os indivíduos demonstram as suas preferências sobre os atributos que consideram mais relevantes para qualificar o bem em análise (Alpizar *et al.*, 2001). Os questionários utilizados neste método constroem-se com base em situações irreais, o que levanta várias críticas, uma vez que se acredita que o processo de tomada de decisão seja influenciado pelo facto de não se tratar de situações ou casos reais, o que faz com que os indivíduos possam ter uma atitude diferente da que teriam em situações reais e os resultados sejam, por sua vez, deturpados (Boyer e Polasky, 2004).

### 3.1.2. Identificação do projeto

A ACB deve iniciar-se com a identificação do projeto, seguindo-se a análise de viabilidade referida e uma análise financeira. Além disso, este método exige uma análise económica e uma análise denominada de multicritério. Por fim, é indispensável a análise de sensibilidade [AS] e de risco.

A definição dos objetivos do projeto e do objeto de estudo é essencial à identificação do projeto. Na definição dos objetivos do projeto devem prever-se os benefícios socioeconómicos da sua execução.

Segundo Mishan (1994), deve responder-se às seguintes questões:

1. É possível dizer que o conjunto de benefícios decorrentes do projeto, em termos de bem-estar, é proporcional ao respetivo custo?
2. Foram tidos em conta todos os principais efeitos socioeconómicos diretos e indiretos?
3. No caso de não ser possível medir todos os efeitos sociais diretos e indiretos do projeto, por falta de dados, foram identificados alguns valores de substituição ligados a este objetivo.

De acordo com o mesmo autor, deve ainda considerar-se que a principal variável económica é o custo total do investimento, a qual não se deve basear nas fontes de financiamento, mas sim no valor económico global do investimento em infraestruturas. Uma vez que os custos são repartidos pelos vários anos, deve ter-se em conta a soma conjunta destes custos atualizados de acordo com o valor do Custo Médio Ponderado do Capital [CMPC].

### 3.1.3. Análise de viabilidade

De acordo com Shapiro (2010), a análise de viabilidade de um projeto não consiste apenas na verificação da possibilidade de concretizar o projeto. Esta análise implica também a consideração de aspetos relativos ao marketing, gestão e análise da execução, dado que podem ser adotadas diferentes alternativas para o projeto, tendo em vista os objetivos socioeconómicos identificados.

Para verificar que um projeto corresponde à melhor opção, é necessário verificar se o projeto proposto contém uma demonstração suficientemente fundamentada da sua viabilidade e se existem provas de terem sido ponderadas outras alternativas.

Esta análise pode conduzir à possibilidade de não se fazer nada, sendo este o cenário de referência sem projeto, tal como indica Mishan (1994). Por outro lado, existe um cenário de referência com intervenção mínima em que a opção é fazer o mínimo, mas ainda assim fazer algo. Além disso, existe um cenário com o projeto estudado e, portanto, a opção é fazer qualquer coisa. Assim, as análises financeiras irão comparar o cenário de não fazer nada com o cenário de fazer algo ou fazer o mínimo.

### 3.1.4 – Análise financeira

De acordo com o guia de avaliação socioeconómica da REN, o objetivo da análise financeira é calcular os indicadores de desempenho financeiro do projeto. A análise financeira é o ponto de partida para a análise económica e permite obter a informação necessária em termos de receitas e despesas e os preços de mercado ao longo do tempo previsto para a implementação e exploração do projeto. Assim, a análise financeira serve para reunir a informação necessária para a análise do *cash flow*, avaliar a viabilidade financeira do projeto e avaliar os benefícios financeiros calculando a rentabilidade (Shapiro, 2010).

A análise financeira deve permitir elaborar um quadro de rentabilidade do investimento, ou seja, com a indicação da capacidade das receitas líquidas de exploração para cobrir os custos de investimento, o que permite avaliar a sustentabilidade financeira e a rentabilidade ou retorno do projeto. A viabilidade financeira do projeto existe se o *cash flow* líquido for positivo. O retorno financeiro do projeto é avaliado com base nos valores da Taxa Interna de Retorno [TIR] e VAL. Por outro lado, esta análise deve permitir efetuar o cálculo da rentabilidade do capital aplicado, por análise dos custos de investimento e das fontes de financiamento.

Com isto, devem determinar-se os custos totais de investimento e custos totais de exploração, bem como as eventuais receitas geradas pelo projeto. O valor residual do investimento também deve ser considerado, bem como o ajustamento correspondente à inflação. A escolha da taxa de atualização apropriada é algo muito importante, sendo que neste caso considera-se que o CMPC deve ser utilizado para tal finalidade. Além disso, é importante ter em conta a determinação dos principais indicadores de desempenho.

Por outro lado, deve definir-se o número máximo de anos sobre os quais são fornecidas previsões. A escolha do horizonte temporal pode ter um efeito muito importante nos resultados do processo de avaliação.

A análise financeira de um projeto tem por base o cálculo do *cash flow* para determinar o rendimento do investimento. Este procedimento deve considerar os custos totais do investimento. No cálculo dos custos de exploração, devem ser excluídos todos os elementos que não correspondam a uma despesa monetária efetiva, mesmo que se trate de elementos que figuram normalmente na contabilidade das empresas. Devem ser especificamente excluídos os

elementos que não sejam compatíveis com o método do *cash flow* atualizado, tais como depreciações e amortizações, que não constituam pagamentos efetivos em espécie, e reservas para os custos futuros de substituição que não correspondam a um consumo real de bens ou serviços.

### 3.1.5 – Análise económica

A análise económica permite estudar a adequabilidade de um projeto em termos dos valores económicos dos custos e dos benefícios. Assim, pretende avaliar-se a contribuição de um projeto para o bem-estar económico e social, dado que, na prática, a análise económica aborda a avaliação da oportunidade para a sociedade e da melhor utilização dos recursos, tal como é referido no guia de avaliação socioeconómico da REN. No final da análise económica, deverá ser possível identificar a solução que corresponde à melhor utilização dos recursos, em termos de otimização da relação custo-benefício expressa em termos económicos. Esta análise pode aplicar várias correções aos dados financeiros, e considerar os benefícios e custos sociais não contabilizados na análise financeira. Estas correções consistem em eliminar efeitos fiscais, em considerar as externalidades que conduzem a custos e benefícios sociais, e em converter os preços do mercado utilizados na análise financeira. Estas correções permitem o cálculo de fluxos económicos dos recursos reais, obtendo-se novamente a TIR, mas agora em termos económicos e o VAL económico, o qual utiliza o CMPC como correção.

### 3.1.6 – Análise de risco

A avaliação dos riscos compreende o estudo da probabilidade de um projeto dar resultados adequados e satisfatórios, mas também a análise da variabilidade do resultado em comparação com a melhor estimativa efetuada *à priori*. É recomendável que a avaliação de riscos assente numa análise de sensibilidade, que permite avaliar o impacto que as alterações consideradas nas diferentes variáveis que determinam os custos e os benefícios revele ter nos índices financeiros e económicos determinados. Por outro lado, esta análise de risco deve basear-se num estudo complementar da distribuição de probabilidades das variáveis selecionadas.

O objeto da análise de sensibilidade é a seleção das variáveis críticas do modelo ACB, ou seja, aquelas cujas variações em relação ao valor utilizado como melhor estimativa têm um efeito mais pronunciado nos parâmetros financeiros e económicos. Os critérios utilizados na escolha das variáveis críticas podem diferir em função das especificidades do projeto considerado, devendo ser avaliados com rigor. É recomendável que sejam considerados parâmetros para os quais uma variação de 1%, traduza uma variação correspondente de 1% da TIR ou de 5% do valor de base do VAL. Assim, deve proceder-se à identificação de todas as variáveis utilizadas para calcular todos os parâmetros das análises económicas e financeiras, agrupando-as por categorias. Depois, deve proceder-se à identificação de eventuais interdependências entre variáveis suscetíveis de implicar distorções nos resultados ou duplas contabilizações. Devem ainda avaliar-se as variáveis ao longo do tempo. As variáveis críticas podem estar relacionadas com preços fictícios de custos e benefícios ou com os coeficientes de conversão dos preços do

mercado. Além disso, também o valor do tempo e a avaliação das externalidades deve ser considerado.

### 3.1.7 – Exemplo de ACB

Neste subcapítulo pretende-se apresentar um caso de estudo com a utilização de uma análise custo-benefício. Assim sendo, em 2007, Saez (2007), realizou um estudo que envolve a construção de uma autoestrada com base na ACB como método de apoio à tomada de decisão. Após análise e quantificação do conjunto de custos diretos (tangíveis), tais como o custo da pavimentação e do asfalto, da manutenção de infraestruturas e mão-de-obra, foram apurados os diferentes benefícios inerentes à construção da mesma, designadamente, redução do tempo de condução, número de sinistros e vidas salvas anualmente. Como tal, foi necessário efetuar a atribuição de um valor para estes benefícios, sendo que para a redução do tempo de condução foi utilizado o método *Willingness To Pay* [WTP] e para a atribuição de valores relativos à vida humana, foi utilizada a abordagem de preferência revelada (*revealed preference approach*) e o método de diferenças salariais compensatórias.

Na aplicação do modelo WTP, foram realizados inquéritos e estudos para apurar qual o valor que cada indivíduo estava disposto a pagar para evitar o trânsito existente, bem como avaliar qual a poupança de combustível envolvida, sendo que estimaram uma tarifa de 10\$/hora. Por outro lado, na utilização da abordagem de preferência revelada, a vida de um indivíduo foi valorizada com base na estimativa de valor que cada indivíduo estaria disposto a pagar para reduzir as suas chances de morrer, devido à circulação com maior segurança em autoestrada.

Neste caso de estudo, os decisores enfrentaram o desafio de salvaguardar algumas noções subjetivas de custos sociais e benefícios em implicações para a escolha do projeto, sendo que a maior dificuldade surge na tentativa de avaliar recursos sem qualquer valorização tangível de mercado.

## 3.2 – Alternativas à Análise Custo-Benefício

### 3.2.1. Análise de Custo-Eficácia

Segundo a *National Institute for Health and Clinical Excellence* [NICE] (2013), a Análise de Custo-Eficácia [ACE] é considerada como um projeto de estudo económico no qual os *outcomes* ou benefícios de diferentes intervenções são medidos utilizando um único resultado. Este tipo de análise, calcula o valor dos custos de uma intervenção, relacionando-os posteriormente com medidas específicas de eficácia dessa intervenção, identificando o caminho economicamente mais eficaz para atingir o objetivo pretendido. Nesta ponderação económica, a avaliação dos custos e dos resultados produzidos por cada uma das alternativas pretende efetuar uma comparação individual de cada característica, de forma a tirar conclusões relativamente ao valor relativo de cada opção (Robinson, 1993). Através desta ferramenta de apoio à tomada de decisão, são determinados quais os recursos envolvidos mais eficazes para a obtenção de resultados específicos. Desta forma, a análise custo-eficácia e a análise custo-benefício representam avaliações económicas semelhantes, dado que analisam a utilização de recursos

alternativos através de uma medição de custos similar (Levin, 1995). Contudo, segundo o autor, no caso da análise custo-benefício, são avaliadas as alternativas onde os resultados podem ser medidos através de valores monetários. Em situações em que a comparação se deve limitar à análise económica de alternativas que tenham objetivos semelhantes, a análise custo-eficácia apresenta-se como uma melhor alternativa.

Este tipo de análise consiste numa ferramenta que contribui com uma aplicação eficaz de recursos e investimentos em setores onde os benefícios pretendidos são difíceis de avaliar monetariamente ou quando a informação requerida é difícil de recolher. Neste sentido, Cellini e Kee (2010), reforçam que a aplicação desta análise possui grande utilidade em casos onde o resultado pretendido se encontra identificado, de acordo com um conjunto de alternativas que tenham um objetivo comum, especialmente em casos onde os objetivos principais são intangíveis ou de difícil mensuração. Como tal, o principal objetivo da ACE é efetuar uma avaliação da eficácia de um projeto, avaliando a sua capacidade de cumprir e atingir os objetivos pretendidos, definidos em termos físicos, e não monetários, em relação aos custos necessários para os atingir. Esta análise é mais adequada quando se pretende decidir quais as alternativas que maximizam os benefícios perante o mesmo custo ou as alternativas que minimizam o custo, atingindo exatamente o mesmo objetivo (Belli *et al.*, 2001).

A utilização da análise custo-eficácia está intimamente relacionada com finalidades militares, sendo que após os anos 60, foi introduzida como ferramenta para apreciação de projetos com finalidades sociais, de forma a considerar os impactos do investimento nas alternativas existentes para sociedade, por comparação da eficácia das soluções (Levin, 1995). De acordo com o autor a análise de uma perspetiva social apresenta um ponto de vista generalizado, não sendo orientada para um grupo social específico, dado que pretende avaliar as alternativas que permitem a utilização eficaz do conjunto de recursos disponíveis.

Os resultados deste tipo de análise são apresentados como rácios de custo/eficácia, ou seja, o custo por unidade de efeito, podendo por vezes ser apresentada da maneira inversa, ou seja, unidades de efeito por custo. O rácio mais comum é denominado por Razões de Custo-Eficácia [RCE] e é representada matematicamente de acordo com a Equação (1):

$$RCE = \frac{C}{E} \quad (1)$$

C = Custo, medido em unidades monetárias;

E = Eficácia, medida em unidades físicas.

$E_n$  = Eficácia de um novo projeto;

$E_c$  = Eficácia de manutenção do projeto em curso.

Quando o objetivo é determinar se um novo projeto é preferível quando comparado com a manutenção de um projeto em curso, é utilizada a Relação Custo-Eficácia Incremental [RCEI], representada matematicamente de acordo com a Equação (2):

$$RCEI = \frac{\Delta Custos}{\Delta Eficácia} = \frac{(Cn - Cc)}{(En - Ec)} \quad (2)$$

Cn = Custo de um novo projeto;

Cc = Custo de manutenção do projeto em curso;

En = Eficácia de um novo projeto;

Ec = Eficácia de manutenção do projeto em curso.

Tanto na Equação (1) como na Equação (2), quando menor o rácio, melhor será a relação custo-eficácia do projeto, ou seja, a melhor opção é aquela que traduz o valor mais baixo do rácio (Maria *et al.*, 2015).

Para efetuar uma análise custo-eficácia é necessário considerar quatro etapas:

**Fase 1:** Necessidade de determinar os objetivos do projeto. Como tal, é essencial identificar e quantificar (em termos físicos e não monetários) os resultados esperados, assim como perceber quais os impactos expectáveis.

**Fase 2:** É necessário calcular os custos totais do programa. Assim sendo, é efetuado o somatório dos custos associados a todos os recursos do programa para atingir o custo total do mesmo. Nestes custos, estão incluídos apenas os custos diretos, dado que se encontram devidamente identificados.

**Fase 3:** Nesta fase, é necessário quantificar o impacto considerando a apreciação do programa. Existem diferentes abordagens empíricas baseadas na recolha de dados primários com o objetivo de reunir informações sobre os efeitos positivos do programa que está a ser aplicado. Contudo, os impactos podem ser estimados através de bases de dados secundários e/ou através da modelação da implementação do programa.

**Fase 4:** Por último, é executado o cálculo relativo do custo por unidade de resultado e realização. Perante este resultado, e dado que esta medida torna a relação entre os recursos e as realizações explícita, é possível obter informações úteis que permitirão perceber a eficácia do programa (Freeman *et al.*, 1979).

A ACE tem como base a estimativa do impacto da implementação de um programa relativamente ao principal objetivo estabelecido. Desta forma, este método tem a vantagem de apresentar conclusões que são de fácil entendimento com elevado foco nas preocupações predominantes do projeto. Através desta análise, é também possível efetuar uma descrição detalhada do desempenho do programa a ser aplicado, o que contribui para a redefinição das políticas existentes, potenciando a melhoria na eficácia das intervenções futuras. Adicionalmente, esta análise tem como vantagens a identificação das prioridades quando os recursos existentes são limitados. Por outro lado, a aplicação da ACE apresenta como vantagens a possibilidade de comparar projetos com um orçamento limitado, uma vez que possibilita efetuar comparações entre as alternativas com base no rácio custo-eficácia, de forma a avaliar qual a solução que

apresenta melhor resultado em unidades de custo. Adicionalmente, esta ferramenta permite considerar diferentes perspectivas, permitindo considerar uma avaliação equitativa das diferentes alternativas, o que contribui para uma melhor apreciação (Levin, 1995). Finalmente, a ACE garante o envolvimento de diferentes entidades na avaliação das alternativas, permitindo incluir na análise de decisão todos os elementos do contexto em análise e o *trade-off* resultante das soluções existentes (Neumann e Sanders, 2017). Uma das vantagens da aplicabilidade da ACE é o facto de não necessitar de um grande volume de dados, bem como a quantificação monetária dos benefícios. Desta forma, a ACE quando comparada com a análise custo-benefício apresenta-se como vantajosa, uma vez que não se excluem os efeitos destes elementos na análise quando não existe capacidade de contabilizar monetariamente (Boerema *et al.*, 2018).

As abordagens baseadas na ACE são particularmente úteis nas áreas da saúde, segurança de acidentes e educação, onde é relativamente fácil quantificar os *outcomes* e benefícios em termos físicos, nos quais não existe necessidade de quantificação monetária (Bleichrodt e Quiggin, 1999).

Contudo, esta análise só pode ser aplicada na comparação de programas de implementação e impacto simples, ainda que necessite de elevadas competências técnicas. Pela sua natureza, esta análise tende a centrar-se apenas nos resultados obtidos a curto e médio prazo, dado que a eficácia global, depende fundamentalmente de análises a longo prazo, sendo uma das maiores limitações desta ferramenta. Adicionalmente, esta análise requer um elevado nível de qualidade nos dados utilizados e análises de sensibilidade detalhadas, para que se possa testar até que ponto as alterações nos parâmetros utilizados na análise podem afetar os resultados obtidos (Drummond e Jefferson, 1996). Por outro lado, a aplicação da ACE deve considerar diversas escalas para efetuar a verificação de eficácia entre cada rácio, dado que a apreciação dos resultados individuais de cada rácio não considera a totalidade da extensão do projeto, levando a que dois projetos possam obter resultados idênticos, contudo os resultados qualitativos e quantitativos podem ser completamente diferentes (Levin, 1995). Adicionalmente, a aplicação desta ferramenta possui debilidades ao nível da quantificação dos benefícios, uma vez que não existe qualquer medida prática que permita efetuar o seu cálculo com um grau de confiança considerável. Neste sentido, Bertram *et al.* (2016) referem que os rácios custo-eficácia, ainda que apresentem uma apreciação relativa aos valores monetários, não efetuam uma avaliação face ao impacto no orçamento do projeto, bem como relativo à sua viabilidade. Neste seguimento, a análise apresenta também fatores que podem influenciar negativamente o resultado, tais como a qualidade dos dados utilizados e os elementos avaliadores e decisores.

Na comparação entre a ACE e a ACB, ambas apresentam uma agregação de custos e benefícios com base nos grupos sociais envolvidos, podendo existir multicritérios na avaliação das alternativas (Cellini e Kee, 2010). Por outro lado, na ACE, existe a necessidade de avaliar individualmente os diferentes efeitos das alternativas, quando estes não são equiparáveis nas mesmas unidades, não permitindo uma avaliação direta de todos os efeitos (Boerema *et al.*, 2018). Assim sendo, a análise não providencia informações suficientes para a tomada de

decisão. Ainda assim, permite obter um ponto de partida útil para que exista uma colaboração entre os diversos decisores na avaliação da eficácia das diferentes alternativas e a sua relevância para com o projeto (Dhaliwal *et al.*, 2012).

Em 2003, o *World Health Organization Geneva* (2003) utilizou a ACE para a realização de um estudo a diferentes intervenções médicas para uma doença. Neste estudo, foi desenvolvida uma tabela com as diferentes intervenções, com o seu custo individual, juntamente com os benefícios de cada intervenção, sendo este valor apresentado em unidades monetárias. Por sua vez, o valor dos benefícios para a saúde foi apresentado em unidade física, sendo que para a atribuição de unidades físicas foi aplicada a monitorização do índice *Quality Adjusted Life Year* [QALY]. Este índice representa a qualidade de vida gerada por intervenções na área da saúde, sendo que um QALY coloca um peso temporal nos diferentes estados de saúde, sendo que um ano de saúde plena adiciona um ponto um ano com uma condição de saúde não conforme subtrai um ponto. Desta forma, é possível obter uma pontuação para avaliar a extensão de benefícios obtidos por diferentes intervenções, sendo que quanto maior o valor obtido, maior será a extensão de vida em plenas condições de saúde. Neste estudo, os valores de unidades de saúde a cada intervenção foram analisados com uma escala de um a 31. Posteriormente, foi utilizado um rácio de razões custo-eficácia no qual foram divididos os valores de custo de cada intervenção pela sua unidade de saúde atribuída, estabelecendo assim a intervenção que representa melhor eficácia entre o custo por unidades de saúde, neste caso a alternativa com um rácio mais baixo.

Noutro estudo realizado em 2006, pelo *The World Bank Oxford University Press* (2006), foi utilizada a ACE para a realização de um estudo relativo a cinco problemas de saúde pública, com diferentes intervenções para cada problema estudado (redução da mortalidade antes dos cinco anos, prevenção e tratamento do vírus da imunodeficiência humana, prevenção e tratamento de doenças não transmissíveis, deteção e tratamento de cancro do colo do útero e operação de uma enfermaria cirúrgica com foco em trauma, gravidez de alto risco e outras condições comuns tratáveis cirurgicamente). Neste caso, foi atribuído e apresentado o custo de cada intervenção em unidades monetárias, enquanto o valor dos benefícios para a saúde foi apresentado através da metodologia *Disability Adjusted Life Years* [DALY]. Esta metodologia permite quantificar a carga da doença, através do número de anos perdidos devido a problemas de saúde, incapacidade ou morte prematura. Neste modelo, cada indivíduo nasce com um determinado número de anos de vida saudável, que são reduzidos devido aos diversos problemas de saúde que surgem. Estas perdas de anos de vida saudável são medidas através do índice DALY, sendo atribuído um ponto por cada ano de vida perdido. Quanto maior for o valor do índice, maior é o impacto da doença na saúde pública (*Swiss School of Public Health*, 2014). Para este estudo, foi atribuído o custo de DALY a todas as intervenções dentro de cada problema de saúde pública, de forma a atribuir qual a melhor intervenção para cada problema, que correspondesse ao menor custo de DALY.

Em ambos os estudos, a aplicação das metodologias foi relevante no sentido de quantificar e analisar as unidades intangíveis, DALY e QALY. Este tipo de análises custo-eficácia está



maioritariamente associado a casos de saúde pública, sendo que para a presente dissertação, a aplicação destes modelos pode ser interessante de forma a avaliar problemas de saúde nas populações mais próximas, causados pela inalação de gás devido a uma rutura num gasoduto por corrosão.

### 3.2.2. Modelos Multicritério de Apoio à Decisão

Os modelos multicritério de apoio à decisão [MMDA] têm como objetivo analisar qual a melhor alternativa de um conjunto de propostas, tendo em conta a preferência do decisor, permitindo identificar possíveis ações (Zopounidis e Doumpos, 2002). A análise multicritério consiste num conjunto de técnicas que auxiliam os responsáveis pela tomada de decisão a tomar a melhor decisão perante problemas muito complexos. Esta análise serve como uma ferramenta de comparação de projetos alternativos que avalia e escolhe as alternativas para solucionar um problema, onde são considerados vários critérios e pontos de vista em simultâneo (Hajkowicz e Collins, 2007).

Este tipo de análise estabelece preferências entre as opções por referência a um conjunto explícito de objetivos que o responsável pela tomada de decisão identificou, e para o qual estabeleceu diferentes critérios mensuráveis para avaliar a extensão para os quais os objetivos foram alcançados. Quando o nível de detalhes é amplo, a MMDA oferece diversas formas de agregar dados sobre os critérios individuais para fornecer indicadores do desempenho geral de cada uma das opções. Uma característica fundamental desta análise é o ênfase no julgamento da decisão e no estabelecimento de objetivo e critérios, estimando a importância e, em certa medida, o julgamento da contribuição de cada opção a cada critério de desempenho (Yoon e Hwang, 1995).

Esta análise tem como principal propósito sintetizar opiniões manifestadas de forma que se consigam demarcar prioridades na análise de situações de conflito, com o objetivo de formular recomendações e orientações de natureza operacional. Em suma, esta análise pretende organizar e concertar as várias perspetivas dos conjuntos de indivíduos com os mesmos interesses a ter em conta no processo de tomada de decisão (Neves, s.d.).

A análise multicritério desenvolve-se em cinco etapas de execução:

**Fase 1:** Inicialmente é necessário fazer a estruturação das várias dimensões que o problema apresenta, de forma a identificar todos os critérios que serão alvo de análise.

**Fase 2:** É necessário definir os critérios de avaliação, que devem ser o mais exaustivos possível. Estes critérios devem refletir as preferências e diferentes pontos de vista do responsável pela tomada de decisão, de maneira a sintetizar e reunir todas as dimensões utilizadas para a avaliação de uma ação, sendo necessário garantir a independência de critérios entre si.

**Fase 3:** Nesta fase, é necessário analisar o impacto das ações com base numa estimativa quantitativa ou descrição qualitativa do impacto de cada projeto relativamente a estes critérios. Posteriormente, é elaborada uma matriz que considera os critérios de apreciação e as medidas

em avaliação, respetivamente, com o número de colunas relativo ao conjunto de critérios e o número de linhas relativo ao conjunto de medidas a serem comparadas. As células da matriz representam a avaliação de uma medida por critério.

**Fase 4:** É realizada a apreciação dos efeitos das ações em termos de cada um dos critérios selecionados, que passa pela avaliação dos impactos da intervenção. Neste sentido, é efetuada a recolha de opiniões com base em entrevistas que podem ser de cariz individual ou a pequenos grupos de pessoas, cujos pontos de vista correspondem aos de maior importância para a apreciação dos efeitos das ações.

**Fase 5:** Finalmente, são agregadas todas as apreciações e conclusões, com a utilização de um *software* que ordena as ações entre si. Nesta fase, a equipa de avaliação possui todos os elementos necessários para calcular as pontuações globais ponderadas relativamente às medidas. Posteriormente, são avaliados os resultados e impactos através da multiplicação de cada pontuação pela sua própria ponderação, somando a esses valores a pontuações atribuídas (Scharlig, 1990).

A utilização de um MMDA tem por base a consideração de todos os valores e opiniões individuais no processo de tomada de decisão, permitindo processar as relações funcionais de forma quantitativa, dentro de uma rede complexa. Esta análise considera que a escolha dos objetivos e critérios nunca é fixa, podendo ser analisada e alterada caso pareça inadequada.

A utilização do MMDA possui várias vantagens, designadamente a capacidade de considerar diversas alternativas e o suporte na resolução de problemas complexos, com diversos intervenientes e critérios (Vieira, Oliveira e Costa, 2020). Por outro lado, esta análise permite estruturar problemas complexos através de métodos flexíveis e realísticos, de forma a dar auxílio ao decisor no processo de avaliação das diferentes alternativas e perceção das características da problemática (Zopounidis e Doumpos, 2002).

Contudo, este tipo de análise é limitado ao apoio à tomada de decisões e, particularmente, à avaliação de projetos, uma vez que existem problemas de implementação que limitam o seu uso, ou requerem a presença de especialistas (Roy e Buysou, 1993). Por outro lado, o decisor pode possuir um grande conhecimento sobre o tema, podendo ser necessário considerar as suas preferências e conhecimento (Zopounidis e Doumpos, 2002). Ainda assim, destaca-se a existência de uma alternativa que se sobreponha a todas as outras em todos os critérios, dificultando a comparação direta entre as soluções considerando o mesmo grau de grandeza (Kujawski, 2003). Na aplicação deste método procura-se avaliar, de um conjunto de alternativas, a que apresenta uma solução ótima considerando todos os fatores identificados. No entanto, estes fatores originam conflitos nos resultados e conclusões, não sendo possível orientar uma solução ótima para o problema, sendo possível concluir uma solução convergente (Zopounidis e Doumpos, 2002).

Em 2005, Kontos *et al.* (2005), utilizaram a MMDA para realizar um estudo relativo à melhor localização possível para um aterro de resíduos sólidos urbanos em Lemnos, uma ilha grega. O objetivo deste estudo teve como base a definição do local ideal para a construção do aterro, sendo que a escolha da localização de um aterro é um processo complexo, pois envolve a avaliação de diversos parâmetros sociais, hidrográficos, ambientais e técnicos. Inicialmente, foram identificados cerca de 11 critérios sobre os quais foram analisadas a permeabilidade do solo, a viabilidade do projeto, a orientação do vento, entre outros. Esta avaliação de critérios teve com base a estrutura hierárquica do problema, de forma a identificar os pesos de importância relativos dos critérios de avaliação. Para auxiliar a análise deste estudo foram utilizados três métodos adicionais: o método *Analytical Hierarchy Process* [AHP], que permitiu atribuir os pesos atribuídos a cada critério de avaliação, o método *Simple Additive Weighting* [SAW], no qual se atribuiu uma pontuação da avaliação de cada alternativa, multiplicando o valor de cada alternativa com os pesos da importância relativa a cada solução e o método *Geographic Information Systems* [GIS], que teve um papel fundamental na operacionalização e planejamento, tendo em conta os dados relativos à localização geográfica. Este método permitiu criar uma determinação espacial dos critérios de avaliação, realizar estatísticas e processos de agrupamento espacial, de forma a identificar a alternativa mais adequada para a localização do aterro.

Neste estudo, a aptidão do terreno ideal foi classificada com base numa escala de zero a 10, onde zero representava as áreas menos adequadas e dez as áreas mais adequadas, sendo que a avaliação efetuada permitiu concluir que 9,3% da região estaria habilitada e adequada à maior parte dos critérios, tendo obtido uma classificação de nove.

### 3.2.3. Análise de Custo-Utilidade

A Análise de Custo-Utilidade [ACU] representa uma análise económica de avaliação de projetos considerando a utilidade dos mesmos como unidade de medida. Esta análise recai maioritariamente no setor de saúde, no qual os analistas procuram avaliar as diferentes alternativas relativamente a intervenções médicas (Robinson, 1993). Segundo o mesmo autor, esta análise utiliza uma unidade de medida com base nos efeitos provocados na população, pelo que procura estimar o custo de uma intervenção de saúde e o benefício produzido em termos de número de anos vividos pelo utilizador. De acordo com Torre-Díez, López-Coronado, Vaca, Aguado e Castro (2015), a ACU é um tipo de análise que se enquadra na análise custo-eficácia, dado que ambas utilizam os efeitos na população como unidade de avaliação, por um lado a ACE analisa os resultados globais de um projeto, enquanto a ACU integra diversas valências numa só medida de utilidade (Tengs, 2004). Neste sentido, a análise custo-eficácia avalia a eficiência dos resultados da utilização de cuidados de saúde no indivíduo e a ACU avalia a eficiência na alocação de recursos e os respetivos resultados obtidos na saúde, sendo que nenhuma das análises providencia uma avaliação completa de todo o enquadramento como a ACB.

Através da ACU, as mais valias dos projetos são analisadas com base na utilidade dos mesmos, sendo que são avaliadas o conjunto de escolhas dos grupos de interesse relativamente à qualidade de saúde proporcionada pelo projeto (McDonough e Tosteson, 2007). Segundo os autores, a análise pretende refletir alguns dos ideais sociais, sendo fundamental a existência de concordância na avaliação da utilidade dos benefícios, dado que representam os objetivos da análise e o interesse manifestado pelos envolvidos (Richardson, 1994).

A unidade de medida mais utilizada é a QALY. Este indicador monitoriza o resultado em anos de vida de um indivíduo proporcionados através da implementação do projeto, sendo que nesta avaliação é necessário considerar a extensão do conjunto de anos de vida da amostra em estudo (McDonough e Tosteson, 2007). Este cálculo tem como base dois elementos, a estimativa do número de anos ganhos através da escolha de uma alternativa e a relevância destes anos de vida na qualidade de vida do indivíduo, sendo que através da QALY, este indicador apenas permite a avaliação do número de anos de vida com a qualidade dos mesmos (Richardson, 1994). Adicionalmente, este indicador avalia também a duração da condição de saúde, uma vez que cada valor atribuído refere a manutenção desta condição durante um ano de vida.

Contudo, Robinson (1993) apresenta algumas críticas relativamente à utilização da QALY, uma vez que esta efetua análises injustas entre indivíduos, orienta a discriminação relativa às idades da amostra, negligencia estados de igualdade e não apresenta consenso na avaliação da qualidade de vida dos indivíduos. Contudo, através deste indicador, é possível avaliar os benefícios da implementação do projeto do ponto de vista dos decisores, de forma a identificar qual a solução que maximiza o ganho para a sociedade. Segundo Pinho e Veiga (2009), a maximização do valor de anos de vida para a tomada de decisão não é equitativa e justa, pois não expõe outros fatores sociais a considerar nestes termos. Como tal, a perspetiva social é uma consideração essencial porque efetua uma escolha com base nas orientações sociais, sendo que representa uma avaliação com elevada subjetividade, uma vez que se trata de questões de saúde e bem-estar, cuja avaliação varia de indivíduo para indivíduo. Assim sendo, este tipo de análise é maioritariamente aplicado em projetos no setor da saúde.

### 3.3 – Justificação da escolha da ACB

Considerando as diferentes análises de avaliações de projeto existentes, conclui-se que a metodologia mais adequada é a ACB, uma vez que se pretende efetuar a avaliação dos custos e benefícios associados à prevenção e manutenção da corrosão num projeto de construção de um gasoduto, tendo em conta a sua utilização e conservação futura. Desta forma e com o objetivo de identificar e quantificar os custos suprarreferidos, o mais correto será fornecer um modelo de análise custo-benefício para realizar uma avaliação socioeconómica relativa à construção de um gasoduto, pois o modelo de análise custo-benefício possibilita a contabilização e avaliação de todos os fatores envolvidos (tangíveis e intangíveis).

Para além da ACB, existem outras formas alternativas que permitem a avaliação de projetos, destacando-se a Análise Custo-Eficácia, Análise Custo-Utilidade e Análise Multicritério. Ainda assim, a ACB é a estratégia mais adequada quando os mercados ou os preços não refletem

adequadamente todos os custos e benefícios. Normalmente, esta análise é a mais adequada quando os ativos intangíveis apresentam elevados montantes. Segundo Gauthier e Thibault (1993), a principal vantagem da ACB em comparação com outras técnicas de avaliação consiste no facto dos efeitos externos e das distorções nos preços observadas serem igualmente considerados. Assim, qualquer ACB introduz rigor numa avaliação de um projeto na medida em que clarifica os pressupostos de base e aponta eventuais lacunas na informação. A expressão dos benefícios e dos custos em valores monetários facilita a comparação de diferentes intervenções e as diversas opções consideradas para o desenvolvimento de determinado projeto. Através desta metodologia, é possível incorporar diversas abordagens de acordo com as diferentes perspetivas socioeconómicas, considerando os impactos relevantes associados aos custos e benefícios inerentes ao projeto. Ainda assim, a ACB apresenta elevada complexidade de implementação e algumas limitações, dado que a quantificação dos custos e benefícios apresenta algumas dificuldades em tornar todos os valores mensuráveis, bem como apurar alguns retornos económicos a longo prazo. Contudo, a utilização deste método permite a construção de um modelo simplificado que permita analisar e avaliar as diferentes alternativas para a implementação do projeto em estudo, permitindo assim ir ao encontro dos objetivos definidos.

A utilização do método ACE não foi considerada neste projeto, pois apresenta incapacidade de aglomerar todos os impactos do projeto numa única unidade de medida que permita efetuar uma avaliação ponderada e equitativa perante as alternativas existentes, aumentando a complexidade da análise. A exclusão da ACU prende-se com o facto desta análise focar um contexto maioritariamente no setor da saúde, não apresentando evidências de ser uma metodologia adequada para a avaliação de projetos de manutenção de infraestruturas de transporte de energia. Por fim, a MMAD não foi considerada, uma vez que esta análise pretende seleccionar e comparar projetos com um elevado nível de complexidade e está altamente sujeita às preferências de um grupo de interesse muito restrito, dificultando a convergência na seleção da alternativa mais adequada.

## Capítulo 4 – Enquadramento e recolha de dados

Neste capítulo pretende-se explicar o conceito de ativos tangíveis, ativos intangíveis, a ponderação e cálculo dos seus custos assim como os custos operacionais. Por fim, é apresentada a metodologia utilizada na recolha de dados.

### 4.1 – Ativos tangíveis

Rodrigues (2010) considera ativos tangíveis aqueles que são detidos para uso na produção ou fornecimento de bens ou serviços, para arrendamento a outros, ou para fins administrativos”. Espera-se que estes ativos sejam usados durante mais que um período.

No caso de se adquirir um bem para uso durante um único período, os seus benefícios económicos serão integralmente recuperados de imediato, não existindo qualquer valor passível de ser obtido em períodos futuros. Como tal, ativos que não serão usados durante mais do que um período são conhecidos como gastos do período, e não como ativos tangíveis.

Embora os ativos tangíveis sejam associados a atividades de investimento, são usados no âmbito das atividades operacionais. A classificação destes ativos como tangíveis prende-se com a sua natureza física e com a sua depreciação, que ocorre porque a utilização destes ativos e a sua função é limitada (*International Accounting Standards Board, 2011*).

Os custos destes ativos são facilmente determinados ou avaliados. Pode afirmar-se que os custos tangíveis estão associados diretamente aos materiais utilizados para reparação ou substituição integral de secções dos gasodutos, juntamente com todos os ativos cuja finalidade se prende com a prevenção ao desenvolvimento da corrosão.

### 4.2 – Ativos intangíveis

A intangibilidade de um ativo resulta da falta de propriedades físicas. Hendriksen e Van Breda (1992) afirmam que esta característica não deve ser considerada a principal diferença entre ativos tangíveis e intangíveis. Os ativos intangíveis distinguem-se dos tangíveis pelo elevado grau de incerteza associado aos benefícios que se espera obter deles.

Metha e Madhani (2008) definiram ativos intangíveis como ativos não monetários que não podem ser vistos ou medidos fisicamente. A imagem de marca ou a importância atribuída às tecnologias da informação são ativos considerados valiosos por parte de várias empresas. Os ativos referidos são intangíveis.

Devido às características destes ativos, torna-se difícil determinar ou avaliar custos associados, porém a sua mensuração também se revela apropriada na elaboração da estratégia empresarial. De salientar que, uma estratégia orientada para o conhecimento pode oferecer novas oportunidades de negócios, porque os ativos intangíveis, antes não identificados, hoje podem revelar-se uma valiosa fonte de receitas tangíveis (Sveiby, 1998).

No que diz respeito à corrosão, exemplos de ativos intangíveis podem ser: desenvolvimento de tecnologia, direitos de propriedade industrial e de serviços, franquias, licenças, questões ambientais, perda de confiabilidade, patentes, perda de receita devido à interrupção de serviços, a imagem e a marca (Blair *et al.*, 2001).

### 4.3 – Custos

Segundo a DTCPM (2019), a métrica principal que reflete o impacto da corrosão é o custo. A distribuição do custo global da corrosão está maioritariamente associada ao trabalho, materiais e fatores relacionados com efeitos substanciais nas economias das nações industrializadas e, mais especificamente, nos setores civil/industrial e governamental dessas economias. A corrosão tem um elevado impacto económico, ambiental e de segurança na sociedade. Este impacto pode ser quantificado através da análise dos seus custos. A mensuração desses custos é proveniente de ativos tangíveis e intangíveis.

Hansen e Mowen (2003) definiram custo como “o valor em dinheiro, ou equivalente em dinheiro, sacrificado para fins de produção de bens e serviços que se espera que tragam um benefício atual ou futuro para a organização”.

#### 4.3.1. Custos operacionais

Os custos operacionais referem-se à quantidade de recursos financeiros utilizados por uma empresa para a execução e desenvolvimento das suas atividades, assegurando assim o normal funcionamento das suas operações. Por outras palavras, os custos operacionais correspondem a todas as despesas associadas à manutenção e prevenção da corrosão de uma empresa no dia-a-dia. O custo operacional total de uma empresa inclui o custo dos produtos vendidos, as despesas operacionais e as despesas gerais. Este valor é deduzido da receita para chegar à receita operacional e é refletido na demonstração de resultados da empresa (Murphy, 2019).

De salientar que, é fundamental diferenciar um custo operacional de um investimento. O capital aplicado na aquisição de novas máquinas e equipamentos é considerado investimento, uma vez que corresponde a um capital investido com o objetivo da obtenção de lucros futuros, ou seja, implica prescindir de um benefício imediato (Murphy, 2019).

Os custos operacionais estão relacionados com a subsistência da atividade comercial, uma vez que, apesar de serem fundamentais para o funcionamento da empresa, não possuem expectativas de rendimentos futuros diretos. Estes custos podem ser divididos em duas categorias principais: manutenção, que lida diretamente com o produto (fabricação, manutenção e melhorias), e administração, que se ocupa com os intangíveis (salários, aluguer de espaços, entre outros) (Murphy, 2019).

Os custos operacionais variam de empresa para empresa dependendo do tipo de atividade e da forma como a empresa está organizada.

No que concerne à corrosão, um estudo realizado através de uma parceria entre a *U.S Federal Highway Administration* [FHWA] e a *NACE International*, em 2002, onde se conseguiu

contabilizar um custo anual de 28.9 milhões de euros na formação de funcionários, uma vez que toda a indústria relacionada com a corrosão está dependente de normas e regulamentos que exigem a certificação dos seus profissionais.

## 4.4 – Recolha de dados

As entrevistas são um método de recolha de dados essencial para obter informações importantes nos estudos de caso. Os processos de comunicação associados às entrevistas permitem aos investigadores retirar informações e reflexões bastante valiosas, caracterizadas pelo contacto direto com os entrevistados (Griffée, 2005). As entrevistas, são consideradas instrumentos relevantes para fornecer diversas descrições e interpretações que os indivíduos têm sobre um determinado objeto de estudo (Fontana e Frey, 2005).

### 4.4.1. Tipos de entrevistas

Existem vários tipos de entrevistas, nomeadamente, entrevistas estruturadas, não estruturadas e semiestruturadas.

As entrevistas estruturadas, enquanto método de pesquisa quantitativa, contêm um guião preparado previamente, que segue um padrão fixo e definido para todos os entrevistados, o que permite ao entrevistador conduzir a entrevista de uma forma mais rígida. Estas perguntas são formuladas com antecedência para que se possam obter apenas informações importantes para o estudo em questão (Corbetta, 2003). A grande vantagem deste tipo de entrevistas é justamente a padronização das perguntas realizadas. Este tipo de entrevista é eficiente, pois consegue ser realizada num curto espaço de tempo e não favorece ou prejudica nenhum entrevistado uma vez que respondem às mesmas questões de forma igualitária, permitindo comparar e analisar dados de forma linear. Contudo, Holloway e Wheeler (2016), afirmam que este método apresenta uma grande limitação ao nível da subjetividade e inflexibilidade, sendo que o entrevistador apenas controla todos os tópicos e formato da entrevista no momento antes da entrevista, o que limita o desempenho do entrevistado, no sentido em que este se encontra impossibilitado de aprofundar o assunto abordado. Os autores sugerem que este tipo de entrevista seja utilizado para obter apenas dados sociodemográficos.

Existem também as entrevistas não estruturadas, um método de natureza não diretiva e qualitativa, que, de uma forma geral, são iniciadas com uma pergunta ampla e aberta sobre o objeto de estudo em causa, com as perguntas subsequentes dependentes das respostas dos entrevistados. Aqui, o entrevistador não se baseia num conjunto de perguntas padronizadas, mas sim na espontaneidade como se de uma conversa se tratasse (Holloway e Wheeler, 2016). Embora seja uma entrevista flexível, o entrevistador segue também um guião que abrange temáticas gerais e não questões específicas, permitindo assim que o entrevistador recolha informações relevantes de acordo com o objetivo da entrevista. Este tipo de entrevista permite fazer uma exploração aprofundada dos temas, o que, por sua vez, gera informações valiosas para o estudo. Os pontos fortes destas entrevistas prendem-se com o facto de serem de natureza flexível, que não restringem as perguntas que podem ser feitas, tornando-as muito úteis quando



se aborda um tópico cuja informação possa ser pouco clara ou até desconhecida. Todavia, além de geralmente serem entrevistas que consomem mais tempo e recursos, o processamento dos dados obtidos através de entrevistas não estruturadas pode ser difícil e demorado, pois envolve reunir declarações semelhantes de diferentes participantes e a sua conexão costuma ser difícil de efetuar. (Ryan *et al.*, 2009).

Por fim, surgem as entrevistas semiestruturadas, que são o tipo mais comum de entrevistas utilizado na pesquisa qualitativa (Holloway e Wheeler, 2016). O objetivo destas entrevistas é utilizar as perspetivas dos entrevistados para confirmar, corrigir ou descobrir mais informações relativas ao caso em estudo (McIntosh e Morse, 2015). Este tipo de entrevista contempla o uso de tópicos como guião, encaminhando-os em forma de pergunta. O entrevistador poderá decidir, durante a entrevista, quando e em que sequência fazer determinadas perguntas e deve também reencaminhar a entrevista para os objetivos, sempre que o entrevistado se desviar do assunto.

A grande vantagem deste tipo de entrevista prende-se com a flexibilidade e com o maior direcionamento do tema em estudo, com a possibilidade de se combinarem perguntas abertas e fechadas, permitindo realizar uma comparação objetiva entre os entrevistados, enquanto se pode ter uma abordagem completamente personalizada. Contudo, a análise dos dados deste tipo de entrevistas pode tornar-se complexo face a quantidade de informação que poderá ser recolhida (Quivy e Campenhoudt, 2005).

#### 4.4.2. Entrevistas realizadas

Nesta dissertação foi utilizado o método de entrevistas semiestruturadas, uma vez que permite “que a investigação possa recolher e refletir sobretudo aspetos enraizados, menos imediatos, dos hábitos dos sujeitos, grupos ou comunidades em análise” (Espírito Santo, 2010), permitindo que “o investigador possa estudar em profundidade um programa, evento, atividade ou processo” de uma forma não rígida, que permite uma recolha de dados mais alargada através de um “diálogo” com o entrevistado. Foi assim possível obter-se informações sobre assuntos mais sensíveis e mais específicos sem ser demasiado intrusivo (Creswell, 2013).

Assim, numa primeira fase, a 30 de maio de 2018, recorreu-se ao método de entrevista semiestruturada para entrevistar o engenheiro Carlos Sousa, *Head of Integrity and Asset Management* da REN, seguindo os tópicos gerais:

- Conhecer a REN e todo o negócio a si associado;
- Analisar a rede total de gasodutos existente;
- Perceber como foi pensado e concretizado o crescimento da expansão dos gasodutos;
- Avaliar a importância que a REN deposita no combate à corrosão nos seus gasodutos;
- Levantar as medidas de monitorização, prevenção e correção que a REN adota.

Posteriormente, a 30 de abril de 2019, recorrendo novamente ao método da entrevista semiestruturada, recolheram-se mais algumas informações necessárias para o desenvolvimento desta dissertação com o engenheiro Carlos Sousa. Os objetivos gerais dessa entrevista foram:

- Levantar o custo total associado à construção dos gasodutos;
- Perceber como é que a corrosão afeta o negócio corrente da REN;
- Perceber o investimento anual na manutenção, prevenção e arranjo dos gasodutos associados à corrosão.

Os guiões para as entrevistas encontram-se nos Anexos II e III, respetivamente.



## Capítulo 5 – Discussão e análise de dados

No que concerne à REN, considerando os valores do Relatório & Contas de 2018, o grupo procedeu com o projeto de investimento referente à construção de um gasoduto que registou uma das principais iniciativas no sentido de garantir as necessidades específicas deste setor de negócio. Neste sentido, e considerando os objetivos definidos no ponto 1.2 desta dissertação, é fundamental identificar e determinar quais os custos associados à corrosão de um gasoduto durante o tempo do projeto (20 anos), bem como relativamente à manutenção preventiva das infraestruturas necessária, de forma a garantir o funcionamento conforme e normalizado. Por outro lado, é necessário efetuar uma análise relativamente aos custos associados ao projeto de construção de um gasoduto, de forma a avaliar e mitigar possíveis impactos na rede de distribuição e nos seus utilizadores por irregularidades no desempenho das infraestruturas.

Como tal, no contexto da estratégia do grupo REN, surgiu a necessidade de avançar com um projeto de investimento de construção de um gasoduto. Após uma reunião com o Engenheiro Carlos Sousa (comunicação pessoal, 30 de abril, 2019), foi possível apurar os dados que surgem apresentados no Quadro 5.

**Quadro 5** - *Custo de construção dos gasodutos da REN face à sua dimensão.*

Gasodutos	Custo (€)	Quilómetros	Custo por quilómetro (€/km)
REN	1.200.000.000	1.375	872.727,27

Torna-se assim imprescindível proceder à identificação dos projetos que foram alvo de análise. Assim sendo, e considerando os dados de investimento inicial identificados para a construção de um gasoduto, é necessário enquadrar a abordagem desta dissertação em duas dimensões distintas. Como tal, para o estudo do caso REN, foram identificados os projetos A e B, enquanto alvo de análise de viabilidade financeira segundo o método ACB definido anteriormente.

Para efetuar este estudo, foi considerada a base inicial de investimento para a extensão total do comprimento do gasoduto (1.375 km), sendo que para objeto de análise, apenas se considerou a avaliação de um segmento com uma extensão de 1.000 km de comprimento. Assim sendo, a caracterização das dimensões, que foram alvo de análise nesta dissertação, tem por base:

- **Projeto A** – corresponde à abordagem que apenas considera o investimento inicial na construção do novo segmento, negligenciando atividades relacionadas com a manutenção preventiva que inclui a corrosão e a monitorização dos indicadores de corrosão nas referidas infraestruturas.
- **Projeto B** – corresponde à abordagem que inclui a totalidade do conjunto de custos operacionais associados à prevenção da corrosão na construção do segmento do gasoduto e a monitorização dos indicadores de corrosão.

Através desta definição dos projetos, pretende-se relacionar todas as variáveis tangíveis e intangíveis, bem como identificar e detalhar todos os parâmetros associados a custos e benefícios de cada um dos referidos projetos, considerando os efeitos socioeconómicos diretos e indiretos. Posteriormente, através da ACB, é possível efetuar uma avaliação ponderada e fundamentada do impacto económico dos projetos de investimento e analisar a sua viabilidade, considerando os respetivos impactos financeiros, económicos, sociais e ambientais, por comparação do custo e benefício a médio e longo prazo. Desta forma, será possível correlacionar o conjunto de variáveis em análise, retirar conclusões e identificar riscos e limitações de cada um dos projetos.

## 5.1 – Atualização dos valores monetários

Existem diferentes métodos na literatura que permitem o cálculo da taxa de atualização, estes podem ser de carácter teórico ou prático (Xirimimbi, 2018). De seguida, são apresentados os diferentes métodos com possível aplicabilidade neste estudo.

### 5.1.1. Custo Médio Ponderado do Capital

O CMPC, ou *Weighted Average Cost of Capital [WACC]*, de uma empresa é estimado com o cálculo do custo do capital próprio e o custo da dívida.

Pode ser obtido pela seguinte equação:

$$WACC = \frac{CP}{CP+P} * Re + \frac{P}{CP+P} * Rd * (1 - t) \quad (3)$$

CP = Capital Próprio;

P = Passivo;

Re = Custo do Capital Próprio [Re];

Rd = Custo da Dívida (Passivo) [Rd];

t = Taxa de Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Coletivas [IRC].

Segundo Alencar (2005), o custo do capital próprio de uma empresa é a taxa de retorno esperada para um investimento. O custo do capital de uma empresa é proveniente de uma relação entre o risco e o retorno. Assim, este custo resulta dos benefícios que se esperam obter, juntamente com o risco do ativo no qual se está a investir e das taxas dos restantes ativos num determinado momento.

Para calcular o custo do capital próprio, pode utilizar-se o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros ou *Capital Asset Pricing Model [CAPM]*. O CAPM analisa o retorno esperado através da soma da taxa livre de risco esperada e o produto do beta estimado de mercado de uma empresa e do prémio de risco esperado (Botosan, 1997). Este modelo representa o retorno que os investidores esperam de um determinado investimento dado o seu grau de risco.

O CAPM traduz-se na seguinte equação:

$$Re = RFR + \beta l(MRP - RFR) \quad (4)$$

RFR = *Risk Free Rate* (Taxa Livre de Risco, por ano) [RFR];

$\beta l$  = *Levered Beta*;

MRP = *Market Risk Premium* (Prémio de Risco de Mercado) [MRP].

Para calcular o *Beta Levered* (necessário para o cálculo do CAPM), aplica-se a seguinte equação:

$$Bl = Bu * [ 1 + (1 - t) * \frac{P}{CP} ] \quad (5)$$

$Bu$  = *Unlevered Beta*.

O valor do *Unlevered Beta* é fornecido pelo mercado, dependendo do setor.

Ogier et al. (2012), destacam o modelo CAPM como o modelo mais utilizado pelas empresas, por ser o mais adaptável. Este modelo rege-se por um conjunto de premissas:

1. o beta e o prémio de risco de mercado são calculados com base em dados históricos para prever taxas futuras de retorno;
2. os investidores são avessos ao risco, preferindo aplicações com um elevado grau de imediação, ou seja, mais líquidas, procurando maximizar as suas riquezas;
3. os investidores podem emprestar ou pedir emprestados recursos à taxa livre de risco;
4. os mercados de ações funcionam perfeitamente, são completos e estão em equilíbrio, o que perfaz que todos os investidores tenham acesso total às informações.

Para tal, o mercado terá de funcionar livremente, ajustando-se automaticamente à procura e à oferta, sem oportunidade de arbitragem, com base em informações adicionais às que estão à disposição de todos os intervenientes. Por fim, para que o custo do capital próprio seja o mais fiel possível à realidade, o mercado de referência deve estar conectado às premissas do modelo (Pioto, 2016).

Após concluída a mensuração do custo de capital próprio é adicionado o custo da dívida. Contrariamente ao custo do capital próprio, que depende de projeções futuras, o custo da dívida envolve menos incertezas, isto porque, grande parte das informações é mais previsível e fornecida pelas próprias empresas (Pioto, 2016).

Assim, o WACC é a taxa de retorno exigida pelas fontes de financiamento, e pode ser obtida através da seguinte equação simplificada:

$$WACC = \frac{CP}{CP+P} * [RFR + \beta l(MRP - RFR)] + \frac{P}{CP+P} * Rd * (1 - t) \quad (6)$$

Este modelo traduz-se numa média ponderada das diferentes fontes de financiamento que a empresa utiliza, refletidas pelo peso de cada uma delas na sua estrutura de financiamento.

### 5.1.2. Flow to Equity

O método de avaliação *Flow to Equity* [FTE] calcula o *free cash flow* disponível para acionistas, tendo em conta todos os pagamentos de e para detentores de dívida. O conceito de *free cash flow* representa os meios financeiros líquidos gerados pelas atividades operacionais, de investimento e de financiamento externo que ficam disponíveis para os acionistas (Neves, 2002). Os *cash flows* para os acionistas são descontados usando o custo do capital próprio (Raposo, 2010).

Segundo Rocha (2014), este modelo tem o propósito de avaliar o valor dos capitais próprios da empresa. Estes valores são atualizados a uma taxa de remuneração apropriada aos detentores de capital próprio.

O FTE e o CMPC são semelhantes no que respeita ao raciocínio teórico e à forma como têm sido calculados na prática, por isso, o debate sobre o método a utilizar centra-se apenas no *Adjusted Present Value* [APV] e no CMPC.

### 5.1.3. Adjusted Present Value

O método APV calcula o valor da empresa em dois momentos. Numa primeira fase, o valor da empresa é calculado como se os seus investimentos fossem apenas suportados por capitais próprios, ou seja, sem o valor da dívida. O *Free Cash Flow to Firm* [FCFF] é atualizado a uma taxa de remuneração dos acionistas num cenário em que não existe endividamento (Rocha, 2014). Depois, é calculada a contribuição do valor da dívida no valor da empresa. Modigliani e Miller (1963) defendem que o valor da empresa é independente da sua estrutura de capitais, em mercados sem impostos. No cenário oposto (quando existem impostos), o financiamento externo é incentivado pelos benefícios fiscais a ele associados (*Interest Tax Shield* [ITS]), traduzidos pela equação:

$$Vl = Vu + Vts \quad (7)$$

$Vu$  = Valor desalavancado da empresa;

$Vts$  = Valor atual dos ITS.

O modelo APV foi desenvolvido ao longo do tempo por vários autores, seguindo um raciocínio semelhante ao estudado por Modigliani e Miller (1963). Em 2006, Damodaran apresentou a seguinte equação para calcular o APV:

$$Vu = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{FCFFt}{(1+Re)^t} + \frac{CVUn}{(1+Re)^n} \quad (8)$$

$$CVUn = \frac{FCFFt*(1+g)}{Re-g} \quad (9)$$

$FCFFt$  = *Cash flows* no período  $n$ ;

$Re$  = Custo do Capital Próprio;

$CVUn$  = Valor de Continuidade da empresa no ano  $n$ , cenário *unlevered*;

$g$  = Taxa de crescimento dos *cash flows* após período explícito.

#### 5.1.4. Justificação da escolha do CMPC

Existe uma preferência clara no que diz respeito aos modelos baseados na ótica do rendimento. A perspetiva dos rendimentos (dividendos, lucros ou fluxos de caixa) é preferível, pois serve para os empresários expressarem as suas ideias relativas à perspetiva futura de evolução da empresa e do seu valor (Neves, 2002).

Farbera *et al.* (2006), definem o CMPC como um conceito poderoso e bastante adaptável, ao contrário dos modelos APV e FTE que são muito discutidos no que à sua precisão diz respeito.

O APV apresenta-se como um tipo de método que valoriza as operações da empresa, assumindo que todas as ações são financiadas apenas pelo património líquido e, como tal, descontadas ao custo do capital próprio. De seguida, separadamente, é descontado o valor da dívida no valor da empresa. O APV é frequentemente utilizado quando se espera que a estrutura de capital de uma empresa mude significativamente ao longo do tempo.

Por sua vez, o CMPC é uma taxa de desconto usada quando se espera que a estrutura de capital permaneça relativamente estável. Este método pondera a taxa de desconto usada para avaliar a empresa com base no custo aquando descontados os custos de cada fonte de capital.

O APV é mais fácil de ser aplicado numa situação de não perpetuidade e, contrariamente ao CMPC, não exige que a taxa de imposto sobre as sociedades e a relação da dívida de mercado permaneçam constantes (Orey, 2014).

Todavia, a principal vantagem da utilização do CMPC em relação ao APV é o facto de não ser necessário avaliar os custos associados separadamente. Assim, e pela sua simplificação, torna-se mais fácil utilizar o CMPC que agrupa todos os efeitos colaterais do financiamento na taxa de desconto, ao contrário do APV que divide os componentes de valor e lida com cada um separadamente.

De salientar que, independentemente do método utilizado, o resultado deve ser o mesmo.

## 5.2 – Enquadramento bibliográfico

De forma a caracterizar o tipo de riscos associados ao projeto A, Gentil (2012) defende que durante a sua vida útil, os gasodutos podem manifestar problemas que contribuem para a existência de falhas, principalmente devido à corrosão. À medida que a estrutura do gasoduto é corroída, a sua espessura vai gradualmente diminuindo e a qualidade do gás transportado fica comprometida. Além disso, se a perda de espessura for expressiva, existe uma grande probabilidade de existirem vazamentos, e no limite, a rutura do gasoduto (*European Gas Industry Group* [EGIG], 2018).

De acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia (2017), existem quatro tipos de riscos associados à rede de distribuição de gasodutos, podendo gerar um impacto significativo em centros de armazenamento, redes de distribuição ou centrais termoelétricas nacionais. Os riscos técnicos, com impactos diretos nas infraestruturas, são provocados por interferências externas.



Os riscos políticos são maioritariamente ligados a momentos de instabilidade, guerras ou revoluções, que podem, no limite, gerar interrupções ou falhas no abastecimento. Os riscos económicos, podem relacionar-se tanto com o aumento exponencial do preço ou a distribuição geográfica de gás natural no mercado internacional, como com a produção de gás nas diversas partes do mundo, com impactos na competitividade da indústria nacional. Por fim, os riscos associados a catástrofes ambientais, com impactos nos gasodutos.

Uma análise de risco assume sempre a mesma estrutura em qualquer instalação, pelo que na avaliação de riscos de gasodutos a estrutura é semelhante. Existe um conjunto de passos necessários e fundamentais para a realização deste tipo de análise: a identificação dos cenários de acidente, a definição da frequência das ocorrências, as consequências associadas e a avaliação dos indicadores de risco que resultam da combinação da frequência e consequências de todos os cenários (Zimmermann, 2009). Segundo o autor, a segunda fase desta avaliação tem por base a aceitabilidade dos valores resultantes da avaliação dos indicadores de risco, que pode ser obtida através da comparação com os limites estabelecidos nos critérios de aceitabilidade. Assim, se os valores se encontrarem acima dos critérios, ou seja, se os riscos forem considerados inaceitáveis, devem ser propostas medidas de redução de riscos e proceder-se à reavaliação destes com vista à obtenção de valores aceitáveis.

Perante a ocorrência de acidentes, associados a qualquer tipo de risco, a entidade responsável pela distribuição é incumbida de reparar as zonas e secções do gasoduto afetadas o que, em casos extremos, pode significar a sua substituição integral. Estas falhas contribuem inequivocamente para desfechos que são suportados diretamente pelos operadores alocados às intervenções reativas, e pela própria organização, provocando uma redução significativa das margens de lucro anual (Zardasti *et al.*, 2015).

Segundo o Engenheiro Carlos Sousa (comunicação pessoal, 30 de abril, 2019) a manutenção é essencial. Contudo, perante a ocorrência de acidentes, existem outros fatores a ter em conta, como o comprometimento no abastecimento da rede de distribuição, riscos para a saúde dos trabalhadores e para o ambiente e perda de credibilidade da empresa para com os clientes. Conclui-se que as diversas consequências provocadas pela corrosão em gasodutos poderão envolver elevadas perdas financeiras e impactos económicos, ambientais e humanos.

Zardasti *et al.* (2015), sustentam que o conjunto total de custos relativos a acidentes são inevitavelmente associados ao risco assumido pela organização distribuidora. Uma ocorrência provocada por corrosão pode originar um gasto associado aos ativos referentes a parceiros de negócio das empresas, mais propriamente *shareholders*. Como tal, o risco associado a acontecimentos que provoquem a violação da integridade da rede de distribuição poderá ser um sinal evidente de quebra na reputação e na economia da organização. Tal acontece porque a reputação e imagem das empresas é monitorizada com base nas perceções dos seus *stakeholders*. Contudo, este risco é considerado um risco intangível, que pode provocar um conjunto de perdas tangíveis e monetárias para a empresa distribuidora.

Relativamente ao projeto B, e segundo Gits (1992), é elementar associar o conceito de produção de um bem a uma organização industrial. Este processo primário inclui o consumo de material, energia e mão-de-obra transformando estes recursos no *output* ou produto desejado. Posto isto, para o correto desempenho deste processo é necessário recorrer a sistemas técnicos, compostos por elementos físicos funcionais com uma função especificada. Estes recursos necessitam de um conjunto de precauções a considerar, de forma a reduzir o impacto de causas internas e externas que podem provocar a interrupção de funções, designadamente manutenção. De acordo com Garg e Deshmukh (2006), para garantir uma gestão de manutenção preventiva eficiente e eficaz, é necessário possuir uma estratégia integrada de manutenção e uma inspeção frequente com base em riscos. Contudo, é essencial que este cálculo considere tanto a taxa de crescimento de um defeito ou anomalia, como os impactos e consequências da não conformidade nas infraestruturas e a integridade das mesmas.

Segundo Zhang et al. (2018) e Zakikhani *et al.* (2020), o processo de transporte de produtos através de gasodutos urbanos ocasiona um conjunto de riscos e incertezas incontroláveis, pois estas infraestruturas são frequentemente danificadas devido à corrosão, provocando falhas e ruturas que conseqüentemente originam elevados custos de reparação e podem provocar consequências como a interrupção da distribuição de gás, lesões e vítimas nas proximidades e riscos de poluição ambiental. Assim, destaca-se a importância de garantir uma manutenção estratégica e preventiva e inspeções frequentes para garantir o normal funcionamento dos gasodutos e de forma a retardar e evitar os efeitos da corrosão, bem como mitigar as suas consequências (Arzaghi *et al.*, 2017). Contudo, estes critérios exigem um grande esforço financeiro por parte das organizações pois estão sujeitas a custos operacionais elevados para garantir a conformidade destes serviços.

### 5.3 – Projeto A

Considerando os pressupostos assumidos, é necessário definir e caracterizar quais os parâmetros a considerar para efetuar a análise do projeto A. Tal como referido, este projeto corresponde a uma abordagem que considera o valor de investimento inicial no segmento com uma extensão de 1.000 km (parcela considerada como alvo de análise), no entanto, negligencia todas as atividades associadas com práticas de manutenção preventiva de infraestruturas.

Para o caso em estudo no projeto A, apenas foram considerados quatro tipos de riscos associados à rede de distribuição de gasodutos: riscos técnicos, riscos sociais, riscos económicos e riscos associados a catástrofes ambientais. Através da seleção deste tipo de riscos que derivam de não conformidades na rede de distribuição de gasodutos, é possível estimar qual o conjunto de custos relativos aos impactos gerados nos meios e recursos envolventes na extensão deste tipo de infraestruturas, ou seja, referente a ativos tangíveis. Como tal, perante os riscos referidos é necessário conjecturar um conjunto de cenários plausíveis que, de certa forma, possam refletir possíveis ocorrências que resultem em acidentes, desastres ou catástrofes. Assim sendo, o principal objetivo da análise é a criação de cenários para perceber qual o impacto futuro que diferentes panoramas podem provocar tanto numa organização, como num projeto.

Através deste método, é possível considerar relações entre diversas variáveis, sendo que esta metodologia permite efetuar uma análise de risco na qual diversas circunstâncias financeiras são comparadas a situações com elevada probabilidade de acontecimento (Weston e Brigham, 2000).

### 5.3.1. Custos associados ao projeto A

A presente análise do conjunto de cenários considerou riscos e contingências suscetíveis de afetar os gasodutos da REN perante a existência de corrosão interna. Conforme mencionado anteriormente, a corrosão interna provoca essencialmente a perda gradual de metal, geralmente localizada na superfície externa dos sistemas de tubulação, resultando na redução da espessura da parede do tubo. Desta forma, a perda de material decorrente da corrosão pode resultar principalmente em ruturas na tubulação, o que representa a consequência com maior grau de incidência nos acidentes em gasodutos (*Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration* [PHMSA], 2020).

Considerando os possíveis cenários que refletem o tipo de não conformidades com maior grau de incidência, é fundamental definir a gravidade da ocorrência de cada um. De acordo com a Norma Técnica Petrobrás N-2782 de 2015, existem várias categorias de gravidade (apresentadas no Quadro 6) a considerar neste caso em análise.

**Quadro 6 - Categorias de gravidade dos cenários (Fonte: Norma Técnica Petrobrás N-2782, 2015).**

Categoria de Gravidade	Descrição				Tipo de Furo
	Sociais	Património	Meio Ambiente	Imagem	
Desprezável	Sem lesões ou casos de primeiros socorros	Danos ligeiros que não comprometem a continuidade operacional	Danos insignificantes	Impacto insignificante	Pequeno furo
Marginal	Lesões leves	Danos ligeiros que podem comprometer a continuidade operacional	Danos leves	Impacto local	Furo médio
Média	Lesões graves em funcionários ou lesões leves em cidadãos	Danos moderados	Danos moderados	Impacto regional	Furo médio
Crítica	Fatalidade de um único funcionário ou lesões graves em cidadãos	Danos severos com reparação lenta	Danos severos com efeito localizado	Impacto nacional	Rutura
Catastrófica	Múltiplas fatalidades de funcionários ou cidadãos	Danos catastróficos que podem originar perda total	Danos severos em áreas sensíveis ou extensíveis geograficamente	Impacto internacional	Rutura

Algumas bases de dados históricas sobre a frequência de acidentes em gasodutos podem também ser utilizadas em análises e avaliações de risco. No que concerne à fiabilidade dos dados, destacam-se três principais bancos de dados internacionais: o EGIG, o *The Oil Companies European Association for Environmental, Health and Safety in Refining and Distribution* [CONCAWE] e o *Office of Pipeline Safety – US Department of Transportation* [OPS].

A REN opera na UE, pelo que o banco de dados utilizado será o EGIG. Como tal, segundo o *10th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2016)* do EGIG (2018), foram reportados 1366 acidentes relacionados com vazamentos. Este relatório indica também que a corrosão é responsável por 25% desses acidentes.

Considerando os dados recolhidos no relatório mencionado (EGIG, 2018), foi possível consultar um conjunto de acidentes com uma causa comum: corrosão interna em gasodutos, que remetem para diversas consequências, categorizadas no Quadro 7.

**Quadro 7 - Quadro de incidentes e respetivas categorizações (Fonte: EGIG, 2018).**

Operadora	Ano	Tipo de rutura	Gravidade	Custos Sociais	Custos Património	Custos Ambientais	Custos Imagem
Texas Gas Transmission LLC	2009	Fuga por corrosão interna	Desprezável	0,00€	448.500,00€	Custo intangível	Custo intangível
2616 Colombia Gas Transmission Corp	2009	Rutura de uma linha de poço de armazenamento por corrosão interna no material do tubo	Marginal	0,00€	29.011,00€	Custo intangível	Custo intangível
19160 Tennessee Gas Pipeline Co.	2010	Corrosão interna na conexão lateral de descarga	Marginal	0,00€	715.000,00€	Custo intangível	Custo intangível
2616 Colombia Gas Transmission Corp	2011	Perda de espessura por corrosão interna	Marginal	5.000,00€	554.400,00€	Custo intangível	Custo intangível
Williams Gas Pipeline Transco	2012	Fuga por fissura no tubo	Desprezável	0,00€	300.467,00€	Custo intangível	Custo intangível

De acordo com o Quadro 7, a informação recolhida na base de dados permite selecionar cinco acidentes ocorridos no período entre 2009 e 2012, cujos danos foram provocados por corrosão interna. Dada a atribuição categórica de gravidade mencionada no Quadro 6, estes acidentes podem enquadrar-se entre as categorias de gravidade desprezável e marginal, dado que não provocaram nenhuma lesão civil, mas apresentam interrupções no fornecimento na rede de distribuição na sua maioria marginais.

Relativamente aos custos provocados pelos impactos dos acidentes mencionados no Quadro 7, é possível verificar que os acidentes considerados desprezáveis apresentam um custo médio de património de 374.483,50€. Por outro lado, os acidentes considerados marginais apresentam um custo médio de património, por ocorrência, de 432.803,67€. Os custos associados a danos civis apenas reportam uma ocorrência, pelo que o custo médio por acidente marginal é de 1.666,67€. Contudo, nos relatórios identificados não foi possível apurar os custos associados aos impactos provocados ao meio ambiente e à imagem da entidade distribuidora.

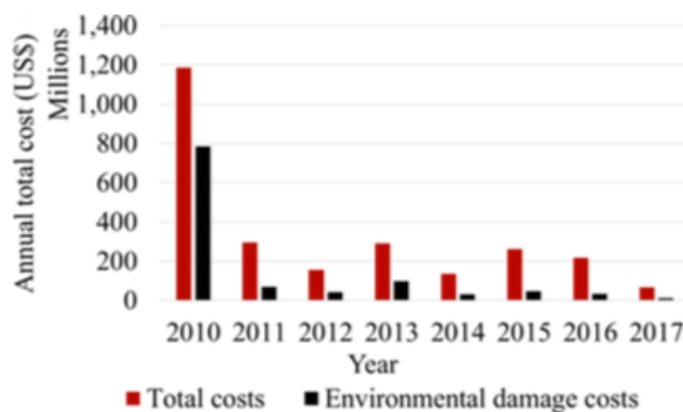
Segundo Belvederesi *et al.* (2018), quando ocorre um acidente, a ponderação relativa à quantidade de produto libertado, ao tempo de resposta entre a ocorrência e a resposta ao pedido

de urgência por parte da entidade distribuidora e ainda aos custos associados aos impactos ambientais são obtidos com base numa estimativa de valores. Os impactos no solo, água e vida selvagem, apenas são investigados e devidamente identificados quando possível. Ainda de acordo com os autores, em média 85% do produto libertado após o acidente é irrecuperável, 53% dos acidentes resultam em contaminações do solo e 41% dos acidentes têm um impacto significativo em áreas ambientalmente sensíveis. Os autores efetuaram uma ponderação de custos aos impactos ambientais, considerando uma média anual de 388 ocorrências de acordo com a extensão de *pipelines* existente (Quadro 8).

**Quadro 8** - Número de acidentes dada a extensão de gasodutos, no período de 2010 a 2017 (Fonte: Belvederesi, et al., 2018).

Ano	Extensão dos gasodutos (km)	Número de acidentes
2010	292.878,56	350
2011	295.443,53	345
2012	299.694,13	366
2013	309.657,10	401
2014	321.535,66	454
2015	335.894,07	461
2016	342.203,50	419
2017	342.203,50	309
<b>Média</b>	<b>317.438,76</b>	<b>388,13</b>

Para este tipo de ocorrências foram consideradas todas as tipologias de acidentes que provocaram ruturas nas infraestruturas, interrupção no abastecimento da matéria energética e consequente libertação de produto no meio ambiente, permitindo concluir os dados apresentados na Figura 4.



**Figura 4** - Custos totais relativos a danos ambientais (Fonte: Belvederesi, Thompson e Komers, 2018).

Em 2010, um incidente provocou um derrame de petróleo no rio Kalamazoo que contaminou a água, o solo e provocou efeitos adversos na vida selvagem até à região de Michigan (Belvederesi *et al.*, 2018). Este incidente contribuiu para a diferença de valores observada na Figura 4.

Tendo em conta as considerações deste estudo, é possível verificar que os custos provocados por impactos ambientais correspondem a 113.690.439€ anuais para uma extensão média de 510.759 km. Adicionalmente, é possível assumir que existe uma média de 0,8 ocorrências/ano por cada 1.000 km de extensão, o que implica um custo médio por impactos ambientais de 234.413,27€ por ocorrência, por cada 1.000 km de extensão de gasodutos.

Segundo os relatórios apresentados em 2016 pela NACE *International Impact*, é possível identificar o conjunto de custos associados à corrosão na região económica dos EUA. Através do Quadro 9 é possível identificar o conjunto de custos associados a cada um dos *clusters* que representam os diversos setores de atividade económica.

**Quadro 9 - Custo da corrosão [CdC] por setor nos EUA em 1998 (Fonte: NACE *International Impact*, 2016).**

Setor	CdC (milhares de milhões de dólares)	Contribuição para o PIB (milhares de milhões de dólares)	%CdC do PIB (%)
<b>Agricultura</b>	1,1	96,6	1,1
Agricultura, silvicultura e pesca			
<b>Indústria</b>	159,7	1.712,40	9,3
Indústria extrativa (minas e pedreiras)	1,5	100,2	1,5
Petróleo e gás natural	1,4	72,8	1,9
Outras indústrias	0,1	27,4	0,4
Manufatura	60,3	2.092,40	2,9
Produtos não metálicos			
Produtos metálicos e indústrias de metal básico			
Maquinaria elétrica			
Equipamento de transporte			
Químicos, entre outros	1,35	164,8	0,8
Refinamento de petróleo e de outros produtos relacionados	3,7	89,7	4,1
Papel e impressão, entre outros	6	151,3	4
Produtos alimentares, bebidas e tabaco	2,1	139,1	1,5
Outras manufaturas (geral)	47,15	1.547,50	3
Construção	50	380,8	13,1
Nova construção			
Reparações e manutenção			
Eletricidade, gás, vapor e fornecimento de ar condicionado	11,9	204,8	5,8
Gás (distribuição por gasodutos)	5		
Eletricidade, setor energético e transmissão	6,9		
Fornecimento de água, esgotos, gestão de desperdício e concerto	36		

Setor	CdC (milhares de milhões de dólares)	Contribuição para o PIB (milhares de milhões de dólares)	%CdC do PIB (%)
<b>Serviços</b>	93,5	6.972,50	1,3
Acomodação e atividades de serviço de alimentação			
Transporte e armazenamento	56,5	539,6	10,5
Transporte em trilho e comboios	0,5	24,3	2,1
Transporte em estrada e automóveis	23,4	323,4	7,2
Transporte aquático, barcos e navios	2,7	13,6	19,9
Transporte aéreo	2,2	85,8	2,6
Transmissão por gasodutos	7	6,1	114,8
Transmissão de energia	0,6		
Hidroviás e portos	0,3		
Transporte de matérias perigosas	0,9		
Serviços de transporte	3,47	86,4	4
Pontes rodoviárias	8,3		
Armazenamento	7,1		
Informação e comunicação	31,2	238,5	13,1
Atividades financeiras e de seguros			
Imobiliária			
Serviços legais			
Retalho e varejo			
Arte, entretenimento e recreação	5,8	99,2	5,8
Atividades profissionais, científicas e técnicas			
Outras atividades de serviço			
Comunicação social e serviços personalizados	5,8	2.933,20	0,2
Atividades de serviços administrativos e de apoio			
Administração pública e de defesa e segurança social			
Educação			
Saúde humana e atividades de trabalho social			

Considerando o quadro anterior, os custos económicos associados à corrosão em 1998, no setor correspondente à distribuição de gás por gasodutos, representam um total de cerca de 4.2 mil milhões de euros por ano (aproximadamente cinco mil de milhões de dólares). A extensão total de pipelines mencionada no *Annual Report Mileage for Gas Distribution Systems* (PHMSA, 2020) referentes à rede de distribuição de gás em 1998 era de 2.926.084 km. Assim, é possível assumir que por cada 1.000 km de extensão de gasodutos, existe um impacto económico médio de cerca de 1.439.083,00€ no conjunto de setores de atividade económica americana.

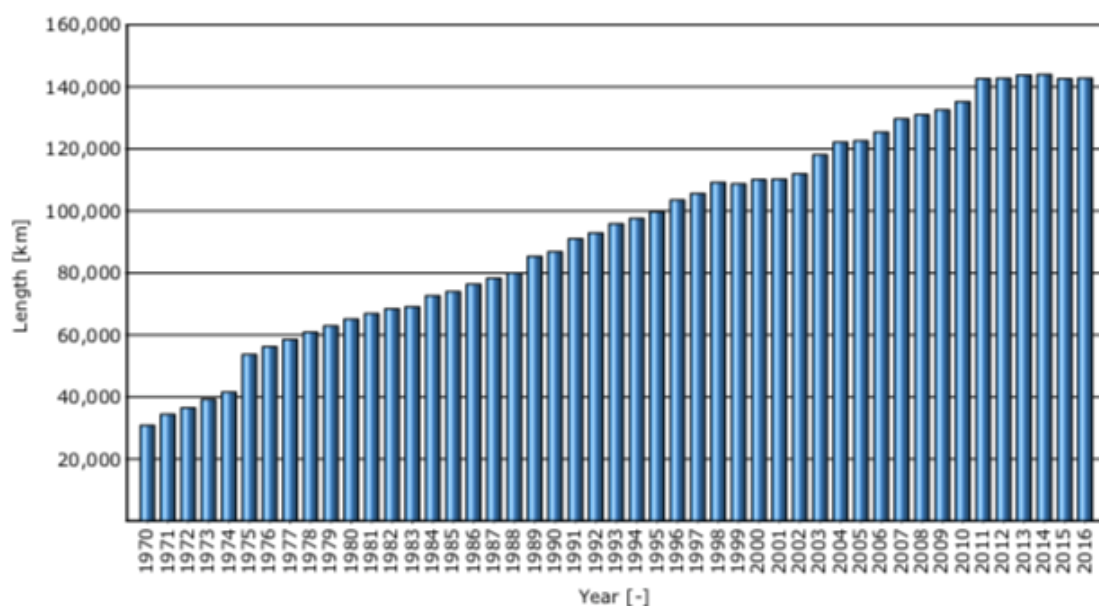
No entanto, contabilizar os custos associados a perdas económicas de reputação é uma tarefa complicada, uma vez que nos relatórios associados a acidentes por corrosão, este tipo de custos

são negligenciados pelas empresas, sendo que o seu impacto é também associado à conjectura e às percepções alusivas aos *stakeholders* (Zardasti *et al.*, 2015).

Existe um conjunto de custos intangíveis associados à identificação de riscos relativos à corrosão de gasodutos. É necessário identificá-los e defini-los para se perceber a totalidade de custos, com base em pressupostos relativos aos custos associados a falhas nos gasodutos apurados anteriormente.

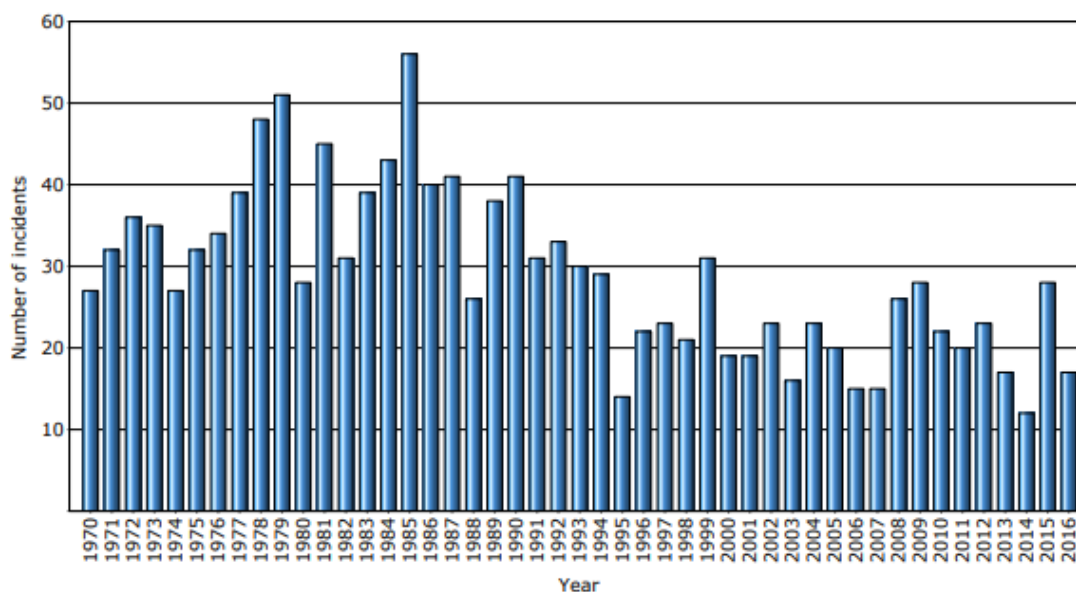
Segundo a Comissão de Normalização Contabilística (2007), para se identificar e analisar os custos intangíveis deve utilizar-se um método que permita quantificar um conjunto de factos deve considerar também um conjunto de suposições e pressupostos relativos à natureza do conhecimento e da realidade. Neste sentido, quando se opta por este tipo de pesquisa particular, é necessário identificar um conjunto de pressupostos.

Através das Figuras 5 e 6 podem ser observadas as variações da extensão de gasodutos em território europeu e o número de acidentes existentes por ano no período analisado (1970 a 2016), respetivamente.



**Figura 5** - Evolução da extensão dos gasodutos por ano, no período de 1970 a 2016 – extensão média de 93.000 kms na rede europeia (Fonte: EGIG, 2018).





**Figura 6** - Número de acidentes por ano, no período de 1970 a 2016 – média de 29 incidentes por ano na rede europeia (Fonte: EGIG, 2018).

As figuras anteriores permitem concluir que no período de 1970 a 2016 existiram em média 0,31 incidentes anuais por cada 1.000 km de extensão de gasodutos em território europeu.

Como tal, e considerando os pressupostos assumidos para o projeto A no Quadro 7, é possível resumir e extrapolar os custos médios por ocorrência em cada 1.000 km de extensão de gasodutos, referentes a incidentes provocados por corrosão em território europeu, que se encontram expostos no Quadro 10.

**Quadro 10** - Custos referentes a incidentes provocados por corrosão em território europeu.

Incidente	Custo social (€/1.000 km)	Custo de património (€/1.000 km)	Custo ambientais (€/1.000 km)	Custo económico (€/1.000 km)	Custo total (€/1.000 km)
Marginal	1.666,67€	432.803,67€	234.413,27€	1.439.083,00€	2.107.966,61€

### 5.3.2. Benefícios associados ao projeto A

De forma a compreender quais os benefícios associados à implementação de um projeto de investimento que não considere manutenção periódica de infraestruturas contra os efeitos da corrosão, efetuou-se a análise segundo as vertentes de benefícios tangíveis e intangíveis.

#### Benefícios Tangíveis

Na consideração do conjunto de benefícios tangíveis associados à inexistência de atividades de manutenção periódica de infraestruturas, este projeto encontra-se exposto a diversos riscos como falhas, incidentes ou ruturas, sendo que o período de vida útil se torna reduzido, podendo impactar os custos de produção e/ou abastecimento de serviços. Como tal, os benefícios tangíveis relativos ao projeto que não considera manutenção de equipamentos consideram o

conjunto de custos de operação anuais relativos a atividades de manutenção no valor de 358.000,00€, que, no período de análise relativo ao projeto totaliza o valor de 7.160.000,00€.

Adicionalmente, o facto de este projeto não considerar qualquer proteção catódica, pintura interior especializada ou proteção contra correntes parasitas, podemos considerar o custo associado a estes elementos como um fator benéfico, totalizando um valor total de 52.712,73€.

### **Benefícios Intangíveis**

No caso dos benefícios intangíveis associados ao projeto relativo à inexistência de manutenção periódica de infraestruturas, a ocorrência de possíveis falhas ou ruturas podem originar vazamentos e custos elevados de reparação, substituição ou multas relativas a impactos ambientais. Desta forma, os benefícios intangíveis associados a este projeto apenas refletem a inexistência de custos fixos anuais, bem como os custos anuais não incorridos, no caso de não se verificar a ocorrência de um incidente devido a corrosão na rede de abastecimento da REN. Neste sentido, considera-se o pressuposto de que o investimento inicial não permite reduzir a probabilidade da ocorrência de um incidente por corrosão, aumentando a exposição dos equipamentos.

No caso da inexistência de interrupções ou falhas no serviço de abastecimento, o benefício reside no conjunto de impactos económicos nos diversos segmentos de consumidores existentes, sendo que, no caso de não se verificar nenhuma ocorrência devido à corrosão, não possui qualquer impacto na posição de mercado da entidade distribuidora.

Assim, considerando o pressuposto de que o valor estimado do impacto económico resultante de uma falha ou interrupção de abastecimento é de 1.439,083,00€, e, considerando o pressuposto da probabilidade de não ocorrência de um incidente no caso de inexistência de manutenção de infraestruturas (0,69), o benefício constitui o valor de 19.859.345,40€ no período de análise do projeto.

No caso dos impactos ambientais, assumindo o pressuposto de que o valor associado a uma rutura no abastecimento provoca um impacto ambiental de 234.413,27€, o benefício reflete na inexistência de qualquer impacto ambiental. Desta forma, considerando a probabilidade de não ocorrência de um incidente no projeto sem manutenção de infraestruturas, o benefício ambiental totaliza um valor de 3.234.903,13€ no período de análise do projeto.

No caso dos impactos patrimoniais, a existência de um incidente provoca um impacto estimado de 432.803,67€, pelo que o benefício do projeto assenta na inexistência de custos patrimoniais derivados da probabilidade da não ocorrência de incidentes, totalizando o valor de 5.972.690,13€, durante o período de análise do projeto.

Relativamente ao impacto para os cidadãos, assumindo que o valor da ocorrência provoca um impacto de 1.666.67€, no caso da inexistência da probabilidade o benefício do projeto totaliza o valor de 23.000,04€, também durante o período de análise do projeto.

O Quadro 11 apresenta o resumo dos valores dos benefícios deste projeto.

**Quadro 11 - Valores dos benefícios associados ao projeto A.**

<b>Categorização do benefício</b>	<b>Segmento do benefício</b>	<b>Valor do benefício (€)</b>
Intangível	Ambiental	3.234.903,13€
	Património	5.972.690,13€
	Económico	19.859.345,40€
	Social	23.000,04€
Tangível	Operação	7.212.712,73€
<b>Total</b>		<b>36.690.387,03€</b>

## 5.4 – Projeto B

O projeto B identifica-se como o investimento no projeto de construção de um gasoduto com base nos investimentos iniciais mencionados no Quadro 5, nos quais são considerados os custos associados à prevenção da corrosão nos gasodutos da REN, identificados após reunião com o Engenheiro Carlos Sousa (comunicação pessoal, 30 de abril, 2019). Estes dados permitem obter uma definição clara do conjunto de custos associados à componente de manutenção relativamente à corrosão, parcela afeta ao investimento inicial do gasoduto da REN.

Neste subcapítulo pretende-se tanto identificar a importância de incluir todos os custos operacionais associados à manutenção dos gasodutos e quais os seus benefícios a médio/longo prazo, bem como efetuar a sua definição rigorosa para posteriormente efetuar a análise de custo-benefício.

### 5.4.1. Custos associados ao projeto B

No quadro seguinte encontram-se definidos o conjunto de custos operacionais, custos dos ativos tangíveis e custos dos ativos intangíveis, respetivamente. Os valores apresentados no Quadro 12 representam custos de prevenção e monitorização anuais no que respeita ao conjunto de custos operacionais a considerar no projeto de investimento no gasoduto da REN.

**Quadro 12 - Tipos de custos e respetivo valor, associados aos gasodutos da REN (Fonte: REN, 2019).**

<b>Tipo de Custo</b>	<b>Ferramentas, procedimentos e preocupações</b>	<b>Custo (k€/1.000 km)</b>	<b>Custo Total (k€/1.375 km)</b>
Operacional	Inspeções em linha [ILI]	55	75,625
	Inspeções do estado do revestimento	36	49,5
	Tratamento anticorrosivo das estações de superfície	73	100,375
	Caracterização e reparação de defeitos	29	39,875
	PIMS (Proteção Catódica)	10	13,75
	SCADA (Proteção Catódica)	Residual	
	Ordenados e formações	Own staff	
	Ensaio não destrutivo [NDTs]	103	141,625
	Escavações		
	Reparação de uma secção		
	Substituição integral de uma secção		
Tangível	Proteções por correntes parasitas	Incluído no investimento inicial	
	Proteção Catódica		
	Polietileno de alta densidade		
	Pintura interior especializada		
Intangível	Questões ambientais		
	Interrupções / Falhas de serviço		
	Perda de confiabilidade		
	Imagem		

#### 5.4.1.1. Descrição das ferramentas e procedimentos adotados

Com este subcapítulo pretende-se clarificar o Quadro 12, apresentado anteriormente.

O revestimento utilizado nos gasodutos da REN é o polietileno de alta densidade. Este revestimento é um polímero que cumpre todos os regulamentos internacionais de proteção ambiental. É composto por uma resina com um elevado peso molecular, com excelentes propriedades mecânicas, físicas, químicas e térmicas, que permitem uma ótima resistência a fissuras ou deformações, assim como garantem uma grande durabilidade e facilidade na sua instalação (Cheng, 2008). Para auxiliar a proteção realizada pelo polietileno de alta densidade, temos ainda a proteção catódica, responsável por proteger eventuais zonas de falha do polietileno (Peabody, 2001). A proteção catódica é um método bastante seguro e económico que equivale à obtenção de um revestimento bastante eficiente, quase isento a falhas. Este método

é especializado na prevenção e redução da corrosão, através da aplicação de uma corrente à estrutura que se pretende proteger dos meios corrosivos (Guyer *et al.*, 2009). No que diz respeito a tubulações debaixo do solo (como é o caso dos gasodutos da REN), a taxa de corrosão pode ser controlada se a voltagem ao redor dos tubos puder ser alterada pela técnica da proteção catódica (Mohitpour *et al.*, 2010). De salientar que, no caso da REN, a água (um dos principais agentes corrosivos), não se encontra presente no gás a circular no interior dos gasodutos, por isso, a corrosão é exclusivamente externa. De acordo com o Dec. Lei nº 140/ 2006 de 26 de julho, a proteção catódica pode ser dispensada nos troços que disponham de revestimento eficiente e estejam eletricamente isolados da restante tubagem por juntas isolantes. Nestes troços, o objetivo é procurar garantir a ausência de defeitos de revestimento, o que não é fácil.

O tratamento anticorrosivo das estações de superfície permite prolongar o seu ciclo de vida, assim como a sua integridade. Estas estações são responsáveis por permitir a movimentação bidirecional do fluxo de gás natural, ou seja, injetam e extraem o gás da rede de transporte para as cavernas de armazenamento, e vice-versa (ERSE, 2017).

Relativamente a proteções ao nível do interior do gasoduto, existe uma pintura especializada que vem originalmente de fábrica e várias inspeções que asseguram a integridade do gasoduto, entre elas as inspeções em linha, as inspeções do estado do revestimento e ainda ensaios não destrutivos (NDTs). As inspeções em linha são também medidas a tomar no que diz respeito ao interior do gasoduto e consideradas custos operacionais. As inspeções em linha, realizadas com ferramentas tipo *pig*, são o método mais utilizado na limpeza de gasodutos e considerado o mais eficiente. Estes equipamentos são feitos de aço e material sintético e podem ser de diversos tamanhos. Os *pigs* de limpeza são introduzidos nos gasodutos e têm como objetivo remover resíduos que aderiram às paredes internas ou que foram depositados no interior dos gasodutos. Para além dos *pigs* de limpeza, existe outro grupo de *pigs*, conhecidos como *in-line inspection tools* (ferramentas de inspeção em linha), que são inteligentes, aprimorados e passaram a ser utilizados para realizar inspeções internas nos gasodutos para verificarem a integridade dos mesmos. Segundo Buschinelli (2007), estes *pigs* verificam a espessura, geometria, sinais de corrosão, vazamentos e outros defeitos que possam prejudicar o normal funcionamento do gasoduto. Este método, embora seja considerado bastante eficiente, acarreta também alguns riscos que envolvem a operação e todos os detalhes que precisam de ser observados e acompanhados minuciosamente (Júnior, 2016). As inspeções em linha realizam-se em períodos médios de 10 anos, de acordo com o planeamento existente, salvo em situações onde a análise de risco efetuada aconselhe um menor intervalo entre inspeções (ERSE, 2017). Estas inspeções funcionam como uma medida de prevenção para evitar substituições integrais de troços ou reparações com custos elevados. Assim, o objetivo principal passa pela manutenção da integridade e confiabilidade do sistema, estendendo o ciclo de vida do ativo.

Para além das inspeções em linha, e relativamente a proteções ao nível exterior do gasoduto, existem inspeções do estado de revestimento dos gasodutos, estas também consideradas custos operacionais, que são utilizadas para detetar falhas e defeitos nos gasodutos, com o

objetivo de diminuir a probabilidade de ocorrência de corrosão. Os resultados destas inspeções permitem o desenvolvimento de programas de reparação de revestimento, avaliando também o estado do sistema de proteção catódica e o nível de corrosão da tubagem (Ribeiro, 2003). Os programas de escavações, no caso de gasodutos enterrados, são também parte integrante dos custos operacionais e resultam de uma análise técnica aos resultados obtidos nas inspeções do estado do revestimento.

Da mesma forma, parte integrante dos custos operacionais são os ensaios não destrutivos [NDTs], que se baseiam na aplicação de técnicas e métodos de ensaio que pretendem analisar a vitalidade dos materiais. Por serem ensaios não intrusivos, não provocam alterações nos materiais visados, pelo que podem ser considerados um dos avanços tecnológicos mais importantes na engenharia. Estes ensaios são uma das principais ferramentas para o controlo de qualidade dos materiais. Quando aplicados corretamente, garantem a integridade de um produto e permitem controlar o seu processo de fabrico, diminuindo custos de produção, mantendo a qualidade (Pereira, 2013).

Os ensaios não destrutivos começaram por ser aplicados por questões de segurança e, atualmente, são aplicados como técnicas preditivas de redução de custos e de garantia de qualidade e produtividade. Os ensaios não destrutivos mais conhecidos e utilizados são: inspeção visual, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrassom, radiografia e correntes parasitas (Pereira, 2013).

O ensaio não destrutivo de correntes parasitas foi criado em 1831, quando Michael Faraday descobriu a indução eletromagnética. Este tipo de medição, também conhecido por correntes de Foucault, é considerada um ensaio não destrutivo baseado em princípios de indução eletromagnética. O teste de corrente de Foucault ou *Eddy Current Testing* [ECT] é um dos muitos métodos de teste eletromagnético usados em NDTs que utilizam indução eletromagnética para detetar e caracterizar falhas de superfície e subsuperfície em materiais condutores.

O campo magnético é criado por uma sonda alimentada por uma corrente alternada que produz correntes induzidas, as correntes parasitas, no material que está a sofrer o ensaio. O fluxo destas correntes dependerá das características do metal (Aguilar, 2014). Este processo exige tecnologia e prática na realização e interpretação dos resultados, mas o custo operacional é baixo e possibilita a automatização e altas velocidades de inspeção. Segundo Pereira (2013), este método aplica-se para detetar processos de fadiga, ou seja, de rutura progressiva de materiais sujeitos a ciclos repetidos de tensão e deformação e em processos de corrosão.

Na reunião referida anteriormente, foram apresentados dois *softwares* de controlo e prevenção dos gasodutos, o *Pipeline Integrity Management System* [PIMS] e o *Supervisory Control and Data Acquisition* [SCADA].

O PIMS é um software que assegura que as linhas de transporte do gás natural operem com o mínimo de danos e impacto ambiental possíveis, determinando o processo geral para a avaliação da integridade das linhas, de maneira a controlar a implementação operacional de inspeções,

manutenções e reparações nas mesmas. Para tal, o *software* necessita de uma descrição padronizada do estado do gasoduto, que é obtida através da consolidação e avaliação de dados provenientes do sistema *Geographic Information Systems* [GIS], que se torna imprescindível para planear operações, pois procede ao mapeamento e análise avançados para identificar com exatidão locais e condições de ativos e acelerar a deteção, manutenção e construção de aterros (ESRI, 2012); e do sistema de gestão *Kathodische Korrosionsschutz* [KKS] - Proteção Contra Corrosão Catódica, que é responsável pela medição de dados e de sistemas de segurança, e de dados das medidas de inspeção realizadas (nomeadamente as inspeções em linha/*piggings*) (Ruhe e Rathlev, 2012).

O SCADA é considerado uma ferramenta crítica para garantir a segurança da infraestrutura, mas também para gerir eficazmente os ativos, nomeadamente na rede de média pressão, postos de regulação e medida [PRM], válvulas e estações de proteção catódica. Esta ferramenta, quando utilizada de forma eficiente, gera valor para a organização e possibilita o cumprimento dos objetivos, no que respeita aos pilares estratégicos da segurança, fiabilidade e eficiência (REN, 2018).

#### 5.4.2. Benefícios associados ao projeto B

De forma a compreender quais os benefícios associados à implementação de um projeto de investimento que considere a manutenção periódica de infraestruturas contra os efeitos da corrosão, efetuou-se a análise segundo as vertentes de benefícios tangíveis e intangíveis. Esta análise permite compreender quais as vantagens relativas ao projeto no sentido de servir as necessidades dos consumidores.

##### **Benefícios Tangíveis**

Considerando o conjunto de benefícios tangíveis associados à manutenção de infraestruturas, a monitorização periódica de equipamentos permite reduzir o risco de falhas, incidentes ou ruturas, através da extensão do período de vida útil e, conseqüentemente a redução dos custos de produção. No caso dos gasodutos, estas infraestruturas assumem-se como investimentos de carácter efetivo, pelo que é fundamental que exista um controlo minucioso da sua qualidade. Os custos operacionais e os custos tangíveis referidos anteriormente possibilitam a manutenção do gasoduto e, se necessário, uma intervenção sem necessidade de interrupção do fluxo. De realçar, a importância da proteção contra corrosão que pode reduzir os custos de reparos devido a danos corrosivos. Por vezes, consoante o defeito observado e caracterizado, determinadas secções têm de ser reparadas ou substituídas integralmente (Soares, 2009). Neste caso, o operador da rede de transporte é responsável por assegurar o contínuo fornecimento de gás natural. Na REN, a continuidade do serviço de fornecimento da rede de transporte é avaliada com base nos seguintes indicadores: número médio de interrupções por pontos de saída, duração média das interrupções por pontos de saída (minutos/ponto de saída) e duração média de interrupção (minutos/interrupção). De realçar que um equipamento protegido pode evitar interrupções no serviço e mau funcionamento da operação. No caso da REN, e segundo o

Engenheiro Carlos Sousa (comunicação pessoal, 30 de abril, 2019), apenas em 2014 e 2018 se registaram interrupções de fornecimento em pontos de saída, pelo que todos os indicadores acima mencionados costumam apresentar valores nulos dado que as referidas ocorrências não são consideradas representativas. A interrupção ou falha no abastecimento é provocada, essencialmente, pelos defeitos encontrados nos gasodutos (corrosão, por exemplo), uma vez que, a sua reparação ou substituição assim o exige. As falhas no serviço apresentam-se como uma condicionante na vida dos consumidores.

Desta forma, os benefícios tangíveis obtidos pela implementação de um projeto que considere a manutenção periódica de infraestruturas prendem-se com a redução da probabilidade da ocorrência de um incidente devido a corrosão na rede de abastecimento da REN. Neste sentido, considerando que o projeto inclui no investimento inicial o conjunto de proteções catódicas, contra correntes parasitas e pintura especializada de infraestruturas, pode considerar-se que o benefício assenta na necessidade única de utilização de proteções específicas. Como tal, considera-se o pressuposto de que a entidade disposta a efetuar um investimento inicial que permite reduzir drasticamente a probabilidade da ocorrência de um incidente por corrosão.

No caso de ocorrência de um incidente, a reparação exige a aplicação de proteções específicas com um valor de 52.712,73€. Considerando a probabilidade de ocorrência de um incidente no caso de não se considerar a manutenção periódica de infraestruturas (0,31), e para o período de análise do projeto, considera-se que o benefício associado à aplicação de proteções nas infraestruturas totaliza o valor de 326.818,92€.

Adicionalmente, no caso de ocorrência de um incidente, e caso seja necessária a substituição integral e ou reparação da secção danificada, teremos de considerar um valor total de 103.000,00€. Neste sentido, considerando o pressuposto relativo à probabilidade do acontecimento no caso de negligência face à manutenção periódica de infraestruturas, este projeto tem como benefício um valor total de 638.600,00€.

### **Benefícios Intangíveis**

A monitorização periódica de gasodutos é essencial, uma vez que as preocupações ambientais relativas a falhas são uma realidade bem presente. A ocorrência de possíveis falhas ou ruturas podem originar vazamentos e custos elevados de reparação, substituição ou multas relativas a impactos ambientais. Ao evitar lesões e danos causados por equipamentos corroídos, as empresas podem evitar passivos legais e ambientais. Os resultados destas inspeções permitem o desenvolvimento de programas de reparação de revestimento, avaliando também o estado do sistema de proteção catódica e o nível de corrosão da tubagem (Ribeiro, 2003). Por outro lado, a confiabilidade, entendida como a capacidade de prestar o serviço conforme prometido, é uma dimensão relacionável com a questão da imagem. A imagem é considerada um instrumento de competitividade nas organizações. Uma vez causada má impressão, dificilmente se conseguirá inverter esse pensamento. Se a imagem passada de um produto ou serviço corresponder exatamente à realidade, o cliente/consumidor satisfeito procurará avaliar outros aspetos da



qualidade do produto ou serviço. Caso contrário perderá a confiabilidade (Martins e Laugeni, 2005).

Como tal, as interrupções ou falhas no serviço de abastecimento podem provocar um conjunto de impactos económicos nos diversos segmentos de consumidores existentes, afetando a posição de mercado da entidade distribuidora. Assim, considerando o pressuposto de que o valor estimado do impacto económico resultante de uma falha ou interrupção de abastecimento é de 1.439,083,00€ e considerando o pressuposto da probabilidade de ocorrência de um incidente no caso de inexistência de manutenção de infraestruturas, assim como o período de análise do projeto, o benefício assenta no fornecimento contínuo da rede de consumidores, no valor total de 8.922.314,60€.

No caso dos impactos ambientais, assumindo o pressuposto de que o valor associado a uma rutura no abastecimento provoca um impacto ambiental de 234.413,27€ e considerando a probabilidade de ocorrência de um incidente no projeto sem manutenção de infraestruturas, assim como o período de análise do projeto, o benefício ambiental totaliza um valor de 1.453.362,27€.

Da mesma forma, no caso dos impactos patrimoniais, a existência de um incidente provoca um impacto estimado de 432.803,67€, pelo que assumindo os pressupostos referidos, o benefício do projeto assenta na inexistência de custos patrimoniais derivados da corrosão do gasoduto, totalizando o valor de 2.683.382,75€, durante o período de análise do projeto.

Por fim, relativamente aos custos decorrentes de danos sociais considerou-se um total de 10.333,35€. O Quadro 13 apresenta o resumo dos valores dos benefícios deste projeto.

**Quadro 13 - Valores dos benefícios associados ao projeto B.**

<b>Categorização do benefício</b>	<b>Segmento de Benefício</b>	<b>Valor do Benefício (Euros)</b>
Intangível	Ambiental	1.453.362,27€
	Património	2.683.382,75€
	Económico	8.922.314,60€
	Sociais	10.333,35€
Tangível	Operação	965.418,92€
<b>Total</b>		<b>14.034.811,9€</b>

## 5.5 – Apresentação e discussão de resultados

Após a identificação dos objetos de estudo, é necessário proceder a uma análise custo-benefício das propostas de investimento previamente definidas. Neste subcapítulo, o principal objetivo passa por analisar a atividade económica inerente a cada um dos projetos apresentados com base na comparação de custos e benefícios, respetivamente. Como tal, através da ACB é

possível avaliar o impacto dos diferentes projetos, permitindo tanto efetuar uma avaliação ponderada dos benefícios líquidos de cada projeto, bem como considerar os impactos macroeconómicos afetos ao projeto de investimento a médio/longo prazo. Deste modo, pretende-se analisar a tomada de decisão com base na avaliação económica e nos indicadores de desempenho dos projetos, considerando os projetos mencionados.

A ACB do presente estudo pretende efetuar uma avaliação económica dos projetos A e B, que correspondem ao investimento num segmento de um gasoduto com 1.000 km de extensão, negligenciando atividades de manutenção preventiva e monitorização de indicadores de corrosão (projeto A), ou por outro lado assumindo os custos operacionais alusivos a atividades de manutenção preventiva e monitorização de indicadores de corrosão nas referidas infraestruturas (projeto B).

Considerando que a REN recorrerá a capital próprio para financiar os projetos referidos anteriormente, o primeiro passo será calcular o CMPC. Com recurso aos valores apresentados nos Anexos IV a IX, pode afirmar-se que o CMPC, em 2018, corresponde a cerca de 6,37%.

De forma a prosseguir com esta análise, importa realçar alguns aspetos referentes ao caso em estudo, sendo que este implica um investimento total de 1.200.000.000€ para uma extensão total de 1.375 km de comprimento alusivo ao gasoduto que se pretende instalar. Como tal, para o estudo do projeto de investimento, que apresenta viabilidade financeira e económica, foi necessário considerar um segmento de 1.000 km face à extensão total do projeto, para ponderar quais os custos operacionais associados a cada uma das alternativas de investimento.

Em suma, para a análise dos projetos foram considerados os seguintes dados:

- Relatório & Contas de 2018;
- Custos pessoais e patrimoniais referentes a cinco acidentes provocados por corrosão em gasodutos nos EUA entre 2009 e 2012;
- Custos ambientais provocados por acidentes em gasodutos nos EUA entre 2010 e 2017;
- Volume de acidentes e extensão de gasodutos nos EUA entre 2010 e 2017;
- Custos económicos provocados por corrosão em gasodutos nos EUA em 1998;
- Extensão de gasodutos nos EUA em 1998;
- Volume de acidentes e extensão de gasodutos na Europa;
- Média de custos operacionais relativos a atividades de manutenção preventiva em gasodutos da REN anual.

Considerando o objetivo da presente dissertação, a seguinte análise pretende prestar suporte na tomada de decisão do projeto de investimento, com base na análise de custos e benefícios, sendo que para esta análise foi considerado um período de avaliação de 20 anos e considerada uma taxa de inflação de 1,8%, proveniente do Relatório & Contas da REN de 2018. Para análise do investimento, foi considerada a análise custo-benefício com valores atualizados e o custo total

do projeto, considerando o conjunto de custos descritos anteriormente associados ao segmento em análise.

A construção do gasoduto considera os dois projetos mencionados anteriormente, A e B, sendo que para efetuar a análise de custos é fundamental analisar os custos estimados para cada um dos projetos, considerando o segmento referido anteriormente. Tendo em conta o projeto de investimento, é essencial referir a ponderação de um conjunto de custos comuns aos dois projetos (ativos fixos tangíveis), imprescindíveis para a instalação das infraestruturas. De realçar que apenas no projeto B são considerados os seguintes custos de ativos fixos tangíveis: proteções de correntes parasitas, proteção catódica, polietileno de alta densidade e pintura interior especializada (apresentados no Quadro 14).

**Quadro 14 - Custo de ativo fixo tangível por 1.000km (Fonte: REN, 2018).**

Tipo de Custo	Observações	Ferramentas e procedimentos	Custo por 1.000km (€)
<b>Ativo Fixo Tangível (AFT)</b>	Incluído no investimento inicial	Proteções de correntes parasitas	52.712,73
		Proteção Catódica	
		Polietileno de alta densidade	
		Pintura interior especializada	

### **Análise do projeto A**

Segundo a análise efetuada, é possível considerar que a implementação do projeto de investimento A apresenta um investimento inicial de 872.674.560,00€ na instalação das infraestruturas. Para efetuar a avaliação deste projeto, calculou-se o seu custo, tendo em consideração os seguintes dados:

- Vida útil do gasoduto: 50 anos (*Williams Transco Central Penn Line South*, s.d.);
- Pressuposto de desvalorização (de acordo com a vida útil do gasoduto) e considerando um valor de mercado nulo no final da sua vida útil: 2,0%;
- Desvalorização anual: 17.453.491,20€;
- Custo de acidente por corrosão: 2.107.966,61€
- Custo de reparação: 103.000€;
- Probabilidade de ocorrência (anual) de acidente por corrosão interna: 31%.

Conforme referido anteriormente, na análise do projeto A, este considera o investimento inicial do projeto, não considerando custos de desmantelamento no final da sua vida útil. Contudo encontra-se exposto à possibilidade de ocorrência de incidentes derivados da corrosão de infraestruturas, uma vez que se negligencia a proteção ou manutenção contra a corrosão no segmento em análise. Neste sentido, de acordo com a Figura 6, a probabilidade de ocorrência de um incidente por cada 1.000 quilómetros de extensão é de 31%, pelo que foi considerado um valor de reparação anual do segmento em análise referente ao produto custo de reparação pela

probabilidade da ocorrência de um incidente anual. Como tal, e assumindo os pressupostos mencionados, com base na folha de cálculos presentes no Anexo X, foram obtidos os seguintes resultados:

- Custo total do projeto A = 1.231.793.258,14€.
- Análise custo-benefício com valores atualizados do projeto A = - 880.357.911,77€.

### **Análise do projeto B**

Segundo a análise efetuada, é possível considerar que a implementação do projeto de investimento B, apresenta um investimento inicial de 872.727.272,73€ na instalação das infraestruturas. Para efetuar a avaliação deste projeto, calculou-se o seu custo, tendo em consideração os seguintes dados:

- Vida útil do gasoduto: 125 anos;
- Pressuposto de desvalorização (de acordo com a vida útil do gasoduto) e considerando um valor de mercado nulo no final da sua vida útil: 0,8%;
- Desvalorização anual: 6.981.818,18€;
- Custo operacional de manutenção: 306.000,00€;
- Probabilidade da não ocorrência (anual) de acidente por corrosão interna: 69%.

Neste projeto, e de acordo com as informações recolhidas junto da REN, a inexistência de historial de ocorrências de maior relevância nos gasodutos da REN, permite considerar um custo nulo referente à reparação dos gasodutos. Realçar que neste projeto também não estão a ser considerados os custos de desmantelamento no final da vida útil do gasoduto. Como tal, e assumindo os pressupostos mencionados, com base na folha de cálculos presentes no Anexo XI, foram obtidos os seguintes resultados:

- Custo total do projeto B = 1.017.599.510,70€.
- Análise custo-benefício com valores atualizados do projeto B = - 876.691.676,77€.

### **Discussão de resultados**

Após a identificação dos projetos e com base na análise de custos associada a cada um, é possível concluir que para efeitos de suporte na tomada de decisão, o projeto B apresenta inúmeros benefícios do ponto de vista financeiro, económico, ambiental e de qualidade de serviço.

Os benefícios da escolha deste projeto prendem-se, numa primeira fase, com questões de segurança na rede de infraestruturas de abastecimento, o que, por sua vez reduz significativamente a probabilidade de existirem interrupções no abastecimento de serviços de utilidade pública. A garantia de que todos os parâmetros de qualidade da rede de abastecimento são salvaguardados é outra mais-valia desta escolha.

A escolha deste projeto permite apostar fortemente na monitorização frequente de indicadores de manutenção, através da implementação de estratégias de prevenção das infraestruturas. A monitorização e prevenção são os fatores chave para que se consiga mitigar os impactos associados ao fenómeno da corrosão, bem como para aumentar o período de vida útil de um gasoduto, o que reduz a sua taxa de desvalorização.

A aposta em manutenção e prevenção reduz significativamente a probabilidade de existirem incidentes que possam provocar danos ambientais. A preocupação ambiental está cada vez mais em evidência na sociedade, priorizando-se a aproximação das pessoas à natureza, pelo que evitar danos ambientais provocados pela corrosão faz com que o esforço da empresa nesta vertente seja reconhecido por parte dos *stakeholders*. Sendo possível concluir que existe uma redução de custos líquidos totais em comparação com o projeto A.

Para efetuar a análise foi considerada uma perpetuidade do investimento, que, segundo Jones *et al.* (2014), não consideram o valor efetivo de um ativo ao longo do tempo, atribuindo um valor económico constante, sem qualquer limite temporal. Neste sentido, para análise do projeto assumiu-se a perpetuidade dos elementos do projeto após o período de 5 anos.

Por fim, foi calculado o Rácio Custo-Benefício [RCB], que é utilizado de forma a efetuar uma comparação entre o valor monetário dos benefícios e o valor monetário dos custos, segundo a seguinte equação:

$$RCB = \frac{\sum_{t=2020}^{2039} Bi}{\sum_{t=2020}^{2039} Ci} \quad (10)$$

Bi = Soma de todos os benefícios durante o período de análise;

Ci = Soma de todos os custos durante o período de análise.

O RCB é calculado com base no quociente entre o somatório de todos os benefícios produzidos em cada ano da análise e a soma de todos os custos produzidos também em cada ano da análise, sendo que neste caso são considerados 20 anos para o período em estudo.

De realçar que é importante considerar-se o valor residual de cada gasoduto (projeto A e B), ou seja, o valor do gasoduto no final do projeto, isto é, no final dos 20 anos. Estes valores foram definidos tendo por base o valor do investimento inicial e a desvalorização anual prevista tendo em consideração um valor de mercado de zero no final do tempo de vida útil do gasoduto.

De acordo com a disparidade existente no tempo de vida útil entre os gasodutos avaliados, o valor residual do gasoduto associado ao projeto A é inferior, o que se traduz numa diferença de valores residuais entre projetos de 209.486.173,10€.

Assim, podemos ver refletidos os indicadores económicos calculados para cada um dos projetos alvo de análise no Quadro 15.

**Quadro 15** - Apresentação dos valores obtidos para os indicadores económicos de cada projeto.

Indicador	Projeto A	Projeto B
Benefícios	36.690.387,03€	14.023.878,5€
Custos	1.231.793.258,14€	1.017.599.510,70€
Análise custo-benefício com valores atualizados	-880.357.911,77€	-876.691.676,77€
RCB	0,0298	0,0138
Valor Residual	523.604.736€	733.090.909,09€

De acordo com os resultados apresentados, é possível verificar que em ambos os projetos a análise custo-benefício com valores atualizados apresenta resultados negativos. O RCB em qualquer um dos projetos, no decorrer do período de análise, apresenta um valor inferior a 1. Estes valores são, contudo, expectáveis uma vez que não foram considerados os benefícios monetários associados ao negócio de transporte e venda de gás natural. Para a análise do projeto, não foram considerados os valores relativos aos fluxos monetários, dado que o projeto não analisa a variação da TIR, não considerando os retornos anuais decorrentes da implementação do projeto de investimento em nenhum dos anos, sendo um fator que provoca um impacto nos custos dos projetos, e, conseqüentemente na inviabilidade dos mesmos.

## 5.6 – Prospecção de valores

Através da aplicação de diversos modelos e metodologias no apoio à tomada de decisão, pressupõe-se a necessidade de assumir alguns valores e premissas sujeitos a erros, alterações ou imprecisões. Posto isto, a AS é uma ferramenta que permite analisar e investigar os erros e alterações dos pressupostos relativos a um determinado contexto, de forma a avaliar qual o seu impacto nas conclusões de uma determinada avaliação (Pannell, 1997). A utilização de uma prospecção de valores permite analisar a solidez dos resultados obtidos e compreender quais as conclusões mais relevantes através da avaliação das incertezas associadas aos diferentes resultados obtidos na ACB (Saltelli *et al.*, 2008). Neste sentido, torna-se possível abordar diversas vertentes na tomada de decisão, designadamente testar a robustez da solução ótima, identificar valores críticos que alterem a solução ótima, identificar debilidades das diferentes alternativas, desenvolver recomendações dependentes de algumas circunstâncias, comparar os valores de diferentes cenários e avaliar os riscos associados às diversas estratégias (Pannell, 1997). Assim sendo, este recurso apresenta grande utilidade dada a simplicidade de aplicação em qualquer modelo de análise, apresentando uma ferramenta adicional de suporte à tomada de decisão prática.

Para a discussão dos resultados obtidos, é fundamental recorrer à prospeção de valores realizada enquanto ferramenta que permite avaliar a consistência associada aos resultados obtidos. Neste sentido, pretende-se efetuar uma análise relativamente à variabilidade associada às conclusões retiradas do estudo, no caso de existirem alterações aos pressupostos apresentados inicialmente. Desta forma, este subcapítulo explora a análise associada à incerteza relativa dos resultados obtidos no caso de estudo, sendo avaliados aos pesos atribuídos aos custos e benefícios através da análise custo-benefício com valores atualizados do projeto. A variação do indicador de viabilidade económica permite avaliar o comportamento dos resultados obtidos no projeto, caso as premissas utilizadas não se verifiquem, de forma a identificar quais os parâmetros críticos e com maior impacto nos resultados. Adicionalmente, esta avaliação procura identificar as limitações associadas ao modelo, sendo que quanto maior o número de graus de liberdade, maior a complexidade (Williams, 2008).

Esta análise pode ser efetuada de forma parcial, através da variação de um determinado parâmetro com um grau de incerteza, para que seja possível avaliar o impacto no resultado do projeto, mantendo as restantes variáveis constantes. Através desta abordagem, é possível analisar o comportamento dos resultados do projeto, no qual existem poucos parâmetros com elevada incerteza, bem como o comportamento individual desses mesmos parâmetros. Por outro lado, permite avaliar os casos extremos de um projeto, através da atribuição dos piores e melhores valores aos parâmetros em análise, de forma a analisar os resultados do projeto segundo a perspetiva pessimista e otimista. Desta forma, a viabilidade do projeto assenta na avaliação dos resultados positivos no projeto, quando os parâmetros são submetidos ao pior cenário possível, sendo a inviabilidade verificada no caso inverso, no qual os resultados se apresentam problemáticos quando os parâmetros variáveis são submetidos aos melhores cenários possíveis. Nas situações em que o número de variáveis incertezas é extenso, a análise de sensibilidade dos casos extremos é a mais adequada (Cellini e Kee, 2010).

Como tal, neste subcapítulo pretendem-se efetuar duas análises de prospeções de valores de forma a avaliar a robustez dos resultados obtidos no caso de estudo e avaliar quais os fatores mais críticos. Desta forma, a análise possibilita a avaliação das incertezas relativas aos resultados obtidos associados às premissas assumidas na ACB. Assim sendo, para a elaboração da análise foram considerados a análise custo-benefício com valores atualizados, bem como custos e benefícios totais associados a cada um dos projetos em estudo, para compreender qual o comportamento das variáveis do projeto caso o grau de incerteza se verifique. Posto isto, foram analisados os efeitos decorrentes da variação do número de incidentes anuais provocados pela corrosão nas infraestruturas dos gasodutos e os efeitos da variação da extensão do gasoduto em análise no valor total dos projetos.

### 5.6.1. Número de incidentes anuais

No decorrer da análise dos projetos de investimento associados ao caso de estudo, um dos fatores com elevado grau de incerteza prende-se com a variabilidade anual associada ao número de ocorrências resultantes da corrosão de gasodutos em toda a sua extensão europeia. Este

fator é considerado como uma variável que apresenta um elevado grau de incerteza dado que, apesar da tendência decrescente nos últimos anos, apresenta a possibilidade de alterar os pressupostos previamente assumidos que possam ocorrer num determinado período de tempo. Desta forma, considerando que durante o intervalo de tempo aplicado na análise de dados, a maior variação verificada em toda a extensão de gasodutos regista uma oscilação de 50% no número de incidentes anuais registados na Figura 6, este foi o valor considerado como base para se proceder ao aumento e diminuição número de incidentes anuais provocados por corrosão em gasodutos. Neste sentido, para a prospeção de valores fez-se variar o número de incidentes em 50% com base no valor de incidentes médio considerando no período de análise (1970-2016), de forma a verificar qual o impacto os indicadores dos projetos, no caso de existir um número médio de incidentes anuais de acordo com a variação atribuída, obtendo os valores do Quadro 16.

**Quadro 16** - *Variação de valores de acordo com a variação do número de incidentes anuais.*

Nº incidentes anuais	Projeto A		
	Análise custo-benefício com valores atualizados	Custo Total	Benefícios
44	-884.273.942,68€	1.236.914.942,38€	29.641.469,70€
29	-880.357.911,17€	1.231.793.258,14€	36.690.387,03€
15	-876.615.375,91€	1.226.898.483,96€	49.976.502,20€
0	-872.674.560,00€	1.221.744.384,00€	58.028.117,90€
Nº incidentes anuais	Projeto B		
	Análise custo-benefício com valores atualizados	Custo Total	Benefícios
44	-877.278.363,43€	1.018.299.488,51€	21.172.438,4€
29	-877.079.465,39€	1.018.062.182,60€	14.023.878,5€
15	-876.890.574,77€	1.017.836.816,61€	7.193.200,05€
0	-876.691.676,77€	1.017.599.510,70€	0,00 €

De acordo com os resultados obtidos no quadro anterior, é possível concluir que, tal como no projeto de investimento na construção do gasoduto no caso de estudo, os valores representam uma análise custo-benefício com valores atualizados negativa para todos os casos. Por outro lado, e considerando o testemunho apresentado pela REN, a variação deste parâmetro possui impacto nos indicadores do projeto que refletem a necessidade de reparação e substituição de um segmento, bem como custos ambientais no projeto B. Esta situação acontece dado que os custos operacionais associados à manutenção de infraestruturas contra os fenómenos de corrosão nos gasodutos permitem a prevenção dos mesmos. Contudo, o histórico apresentado pela empresa refere que o impacto produzido por incidentes não é relevante quando se abordam temas como causar interrupções, falhas, danos de imagem ou património nos utilizadores, pelo que apenas se deve considerar os aspetos ambientais (derivados de pequenos derrames). Desta forma, é possível verificar que o aumento em 50% do número de incidentes anuais derivados da corrosão de infraestruturas em toda a sua extensão, provoca um aumento absoluto tanto na



análise custo-benefício com valores atualizados como no custo total do projeto A em comparação com o projeto B, sendo insuficiente para apresentar a viabilidade do projeto A.

No caso de se verificar uma redução em 50% do número de incidentes anuais (15 incidentes), o valor da análise custo-benefício com valores atualizados no projeto A apresenta um valor ligeiramente inferior relativamente ao projeto B. No entanto, o custo associado à totalidade dos projetos para o período de análise apresenta-se superior, considerando os pressupostos resultantes da análise de cada projeto. Adicionalmente, no período entre 1970 e 2016, apenas em 4 anos não consecutivos existiram registos inferiores a 15 incidentes anuais em toda a extensão de gasodutos, o que permite concluir que este cenário, ainda que possível, apresenta elevado otimismo.

No caso de não se verificar qualquer incidente anual relativo a fenómenos de corrosão, o valor da análise custo-benefício com valores atualizados no projeto A possui uma diferença de 4.017.116,77€ face ao projeto B. Contudo, o custo total do projeto A apresenta um custo superior ao projeto B de 204.144.874,00€. Adicionalmente, o cenário de inexistência de qualquer incidente devido a corrosão em toda a extensão de gasodutos apresenta um extremo otimismo, sendo que não se considera plausível avaliar a viabilidade dos projetos perante este panorama.

Desta forma, considerando ambos os indicadores, não se consideram estar reunidas as condições necessárias para verificar a viabilidade do projeto A, neste cenário.

Através do Quadro 16 é também possível observar que o aumento do número de incidentes anuais provoca o aumento do valor negativo da análise custo-benefício com valores atualizados e, conseqüentemente, aumenta consideravelmente os custos totais do projeto A. Esta situação verifica-se uma vez que os custos associados à negligência de atividades de manutenção preventiva no apuramento do projeto de investimento se tornam mais avultados (proporcionalmente) com o aumento do número de incidentes anuais registados nos gasodutos, o que provoca o aumento dos riscos para a população, economia, patrimoniais e ambientais, o que não evidencia qualquer benefício. Por outro lado, no projeto B, o facto de aplicar ações de prevenção, permite reduzir os impactos provocados pelos fenómenos de corrosão. Contudo, este projeto considera os impactos ambientais e os custos associados à reparação ou substituição do segmento acidentado, pelo que é justificado o aumento do número de incidentes provoca um ligeiro crésçimo no valor absoluto da análise custo-benefício com valores atualizados, bem como nos custos totais associados ao projeto.

### 5.6.2. Extensão do gasoduto

Considerando os dados obtidos através da análise anterior, foi possível verificar que o aumento da variabilidade associada ao número de incidentes médios em toda a extensão da rede de gasodutos europeia, provoca um aumento da probabilidade de ocorrência de incidentes no segmento em análise no presente caso de estudo, inviabilizando a alternativa referente ao projeto A. Neste sentido, e dado que este projeto possui maior vulnerabilidade à ocorrência de incidentes anuais, o aumento do número de incidentes médios em toda a rede provoca um aumento

proporcional da probabilidade de ocorrência neste segmento. Como tal, e de forma a verificar o impacto da ocorrência, no caso da probabilidade certa de um dos incidentes anuais se registar no segmento em análise, com base no número de incidentes anuais médio (29 incidentes) na rede de gasodutos europeia, procedeu-se à prospeção de valores relativa à extensão do gasoduto relativo ao segmento em análise. Desta forma, pretende-se avaliar qual o impacto associado à análise custo-benefício com valores atualizados e custos totais de ambos os projetos, no caso de se efetuar uma variação de 500 em 500 km no referido segmento, até que a probabilidade do acontecimento de incidente seja superior a 1, sendo neste caso registada para um segmento com uma extensão superior a 3.236 km. Os valores poderão ser visualizados através do Quadro 17.

**Quadro 17 - Variação de valores de acordo com a variação da extensão de gasoduto.**

Extensão de gasoduto em análise (kms)	Projeto A		
	Análise custo-benefício com valores atualizados	Custo Total	Benefícios
500	-440.037.257,68€	615.708.062,66€	18.345.193,52€
1.000	-880.357.911,17€	1.231.793.258,14€	36.690.387,03€
1.500	-1.320.960.307,85€	1.848.248.577,06€	55.035.580,5€
2.000	-1.761.770.090,89€	2.464.976.772,26€	73.380.774,06€
2.500	-2.202.812.045,90€	3.082.010.259,47€	91.725967,5€
3.000	-2.644.086.172,88€	3.699.349.038,67€	110.071.161,09€
3.500	-3.085.563.966,12€	4.316.955.801,65€	128.416.354,00€
Extensão de gasoduto em análise (kms)	Projeto B		
	Análise custo-benefício com valores atualizados	Custo Total	Benefícios
500	-438.345.838,39€	508.799.755,35€	7.011.939,25€
1.000	-876.691.676,77€	1.017.599.510,70€	14.023.878,5€
1.500	-1.315.037.515,16€	1.526.399.266,05€	21.035.817,8€
2.000	-1.753.383.353,54€	2.035.199.021,40€	28.047.757,0€
2.500	-2.191.729.191,93€	2.543.998.776,75€	35.059.696,2€
3.000	-2.630.075.030,31€	3.052.798.532,10€	42.071.635,5€
3.500	-3.068.420.868,70€	3.561.598.287,45€	49.083.574,8€

Com base nos valores obtidos através do Quadro 17 é possível verificar que, tal como na análise dos projetos de investimento, a variação da extensão do segmento em estudo apresenta uma análise custo-benefício com valores atualizados negativa em qualquer um dos casos. Contudo, na análise referente a cada um dos projetos, é possível verificar que no caso do projeto A, o aumento da extensão do gasoduto em análise, provoca um aumento proporcional da probabilidade de ocorrer um incidente, sendo que os impactos associados se manifestam proporcionalmente através do conjunto de custos de património, sociais, económicos e ambientais. Por sua vez, o aumento da probabilidade do acontecimento acrescido dos custos de reparação ou substituição do segmento, proporcional à ponderação de custos referida pela REN

(103.000€/1.000km), provoca o aumento negativo do valor da análise custo-benefício com valores atualizados e dos custos totais associados ao projeto A. No caso do projeto B, o facto de se variar a extensão do gasoduto em análise, para avaliar a variabilidade dos indicadores de viabilidade económica, incrementa de forma proporcional o conjunto anuidades referentes a medidas e custos operacionais preventivos associados ao projeto de investimento no referido gasoduto. Nesta análise, ao se considerar o facto de se aumentar a extensão do gasoduto, o projeto de investimento assume todo o conjunto de custos anuais que permitem efetuar uma proteção adequada das infraestruturas prevenindo fenómenos de corrosão, bem como a sua monitorização frequente. Desta forma, é possível concluir que no caso do projeto de investimento relativo ao gasoduto com 500 km, a diferença da análise custo-benefício com valores atualizados entre o projeto A e o projeto B regista um total de 1.691.419,29€, enquanto que a diferença entre os custos totais do projeto regista um total de 106.908.307,31€. Por outro lado, no caso do projeto de investimento relativo ao gasoduto com uma extensão de 3.500 km, a diferença entre a análise custo-benefício com valores atualizados dos projetos regista um total de 17.143.097,42€, enquanto a diferença entre os custos totais dos projetos regista um total de 755.357.514,20€.

Através desta prospeção de valores é possível concluir que, tal como verificado na análise de viabilidade de cada um dos projetos, a alternativa que não considera o investimento anual em custos de manutenção operacional de infraestruturas (projeto A), não possui qualquer viabilidade económica. Neste sentido, o desenvolvimento desta análise permite, de forma robusta, concluir que os resultados obtidos têm uma correspondência com a realidade, uma vez que o facto de se investir em custos de manutenção anuais permite mitigar a suscetibilidade a fenómenos de corrosão. Desta forma, é plausível concluir que o projeto B permite salvaguardar os interesses, pois previne interrupções no abastecimento enquanto permite mitigar impactos ambientais, económicos e patrimoniais.

Dado que os parâmetros estudados na prospeção de valores provocam uma grande influência no modelo analisado, é considerada a inviabilidade do projeto A, de acordo com os resultados, sendo que os cenários que demonstram melhores resultados, são também eles altamente improváveis. Como tal, o projeto A apenas apresentaria resultados animadores no caso do número médio de incidentes na rede europeia de gasodutos ser nulo durante o período de análise, bem como no caso do projeto de investimento apresentar uma extensão de gasodutos muito curta. Contudo, ambas as situações são cenários otimistas, uma vez que a probabilidade de inexistência de incidentes derivados de fenómenos corrosivos em toda a rede europeia é muito baixa, bem como no caso da extensão dos gasodutos em análise, uma vez que a viabilidade apenas remete para uma extensão de gasodutos muito curta, o que do ponto de vista da REN, poderá não apresentar uma alternativa de investimento.

## 5.7 – Limitações do modelo

Através do desenvolvimento do modelo descrito neste caso de estudo, foi possível verificar diversas limitações que incluem a incapacidade de incluir a totalidade de impactos associados, cuja relevância teria consequências tanto ao nível dos custos, como dos benefícios. Por outro

lado, a definição do conjunto de impactos associados ao caso de estudo assenta no conjunto de pressupostos assumidos em cada um dos projetos em estudo. Ainda assim, a monetização dos impactos inerentes a cada projeto sofre variações, pelo que os valores em estudo poderão não ser considerados reais no panorama atual.

Adicionalmente, outra das limitações deste modelo assenta no cálculo da probabilidade de um acontecimento, no caso de um projeto que considera a manutenção periódica de infraestruturas, dado que o facto de ser considerado todo o conjunto de manutenções periódicas planeadas, não implica que um incidente por corrosão não possa ocorrer.

Na ponderação da probabilidade de ocorrência de um incidente foram considerados como pressupostos a utilização do mesmo fator de probabilidade de acontecimento, uma vez que os dados existentes apenas permitem assumir pressupostos quanto à probabilidade de se verificar uma incidência devido a corrosão em gasodutos existentes. Considerando que grande parte destes equipamentos se encontram sob uma monitorização, vigilância e manutenção ativa contra fenómenos de corrosão, torna-se extremamente difícil conhecer a probabilidade de um acontecimento devido a corrosão em equipamentos sem qualquer tipo de manutenção, sendo esta uma das limitações do modelo.

Por outro lado, para a consideração da substituição ou reparação de um segmento no caso de ocorrer um incidente devido a corrosão, foram utilizados em ambos os projetos os custos fornecidos pela REN. Esta ponderação no caso do projeto que não inclui atividades de manutenção pode não ser adequada, uma vez que a probabilidade de se efetuar uma substituição ou reparação, pode implicar uma alteração de grande escala, sendo o custo associado de uma ordem de grandeza consideravelmente superior.

Adicionalmente, e de acordo com o referido na parte introdutória do presente documento, este estudo pretende efetuar uma análise dos impactos causados pela consideração do conjunto de pressupostos associados a atividades de prevenção e manutenção infraestruturas, bem como a situação contrária (não considerar os impactos), no projeto de investimento da REN. Assim, não foram considerados os rendimentos e mais valias consequentes da implementação do projeto de aumento da extensão de infraestruturas, sendo que esta abordagem teria de considerar um conjunto de pressupostos e cenários alternativos, relativos à previsão de ganhos com a implementação do projeto. Na verdade, a dimensão estudada apenas permite retirar conclusões relativamente às variáveis económicas de afetação no projeto de investimento. Segundo Thoft-Christensen (2012), a análise relativa aos custos de manutenção considera maioritariamente inspeções e reparações periódicas, o que revela insuficiências no sentido de suportar a tomada de decisão nos projetos de investimento das organizações. Contudo, para realizar uma estimativa dos benefícios económicos em projetos de investimento desta magnitude, existe a necessidade de considerar as receitas provenientes dos valores de consumo de acordo com a rede de abastecimento. Ainda assim, em 2019, Hallegate *et al.* reforçam a incerteza existente relativa à previsão de ganhos resultantes do investimento de projetos de construção e expansão de infraestruturas, o que dificulta a ponderação de mais valias resultantes do reforço destes

ativos. Como tal, existe a necessidade de exploração de múltiplos cenários relativos aos ganhos previstos, sendo fundamental incluir a combinação de incertezas associadas a cada parâmetro de avaliação, aumentando exponencialmente a complexidade da análise, para assegurar a sua robustez, e conseqüentemente diminuir o grau de incerteza relativamente às conclusões. Desta forma, os resultados obtidos neste estudo permitem considerar uma proposta tendenciosa de acordo com os impactos estimados, em detrimento da análise dos impactos económicos resultantes da atividade de distribuição promovida pela entidade, com um maior grau de complexidade na sua estimativa (Litman, T., 2003).

## Capítulo 6 – Conclusões

Portugal não possui qualquer jazida de gás natural, ou seja, não há qualquer tipo de produção no nosso território. Como tal, Portugal está limitado à importação de gás natural, sendo essa realizada maioritariamente pela REN.

Contudo, o gás natural possui diferentes contaminantes que são corrosivos e que podem comprometer o normal funcionamento dos gasodutos. A corrosão, dentro de todos os problemas que poderão ocorrer, constitui o maior mecanismo de falha na indústria. Como tal, é importante prevenir, monitorizar e combater o aparecimento da corrosão, de maneira a evitar grandes custos de reparação, assim como todas as consequências que poderão surgir.

A REN apresentou um projeto de investimento para a construção de um gasoduto que registou uma das principais iniciativas no sentido de garantir as necessidades específicas deste setor de negócio. Perante esta iniciativa da REN, foi necessário identificar e determinar quais os custos associados à corrosão de um gasoduto, durante o período em estudo. De forma a garantir o normal funcionamento desta infraestrutura, foi também fundamental aferir e analisar os custos relativos à manutenção preventiva das infraestruturas. Neste projeto também surgiu a necessidade de se avaliar e mitigar possíveis impactos na rede de distribuição e nos seus utilizadores e, para tal, efetuou-se uma análise custo-benefício relativamente aos custos associados à construção de um gasoduto.

Este estudo apresentou dois projetos distintos. O projeto A que consistia na construção de um gasoduto baseado numa abordagem que descurava práticas de manutenção preventiva de infraestruturas. Contrariamente, o projeto B consistia na construção de um gasoduto considerando os vários tipos de custos associados à manutenção e prevenção da corrosão nos gasodutos da REN.

Para o projeto A, calculou-se que o conjunto de custos de uma ocorrência tem um valor total de 653.469,65€, dada a probabilidade de ocorrência de 31% face à média de acidentes identificados, com base no conjunto de pressupostos assumidos, sendo que o maior custo associado de um acidente é relativo a custos económicos.

Para o projeto B, após a realização de uma análise com o Engenheiro Carlos Sousa da REN, foi possível apurar os custos anuais associados a práticas de manutenção periódica da empresa.

Relativamente à análise custo-benefício, optou-se pelo projeto B pois foi o que apresentou mais benefícios a vários níveis (financeiro, económico, ambiental e de qualidade de serviço). Destacam-se alguns pontos fundamentais para esta tomada de decisão: monitorização frequente de indicadores de manutenção, implementação de estratégias de prevenção de infraestruturas, aumento do período de vida útil do gasoduto e conseqüente redução da taxa de desvalorização, redução da probabilidade de ocorrências que provoquem danos ambientais, mitigação dos impactos associados ao fenómeno da corrosão e, por fim, a redução de custos líquidos totais em

comparação com o projeto A, pois após a análise económica, foi possível concluir que a escolha do projeto B, permite uma redução de 220.568.895,62€ face ao projeto A.

Quanto às limitações deste projeto, a principal dificuldade relacionou-se com apuramento de custos associados a impactos provocados pela corrosão. Existe pouca informação relativa aos custos tangíveis associados à prevenção da corrosão e menos ainda relativamente aos custos intangíveis. Face a esta complicação, as conclusões deste projeto resultaram dos pressupostos assumidos, que também foram difíceis de assumir.

A limitar este estudo esteve também, por questões de segurança da informação, a dificuldade na obtenção de dados por parte da entidade. Os dados fornecidos foram importantes, no entanto reduzidos face às necessidades da problemática em questão.

Como sugestão para pesquisa futura, seria necessário perceber como se podem intensificar os trabalhos de manutenção de forma mais eficaz e eficiente para prevenir corrosão de infraestruturas, dado que os seus impactos são astronómicos caso exista uma ocorrência.

O presente estudo não considera o conjunto de receitas consequentes da implementação das infraestruturas de acordo com os projetos apresentados. Desta forma, para desenvolvimentos futuros, deve ser considerada a possibilidade de se realizar um estudo que permita apurar as receitas que possam advir da distribuição de gás natural por implementação dos projetos de extensão de gasodutos, assim como o respetivo consumo energético (nos diversos sectores de atividade, consumo próprio, entre outros) de forma a avaliar o impacto direto no estudo de viabilidade da implementação das infraestruturas. Explicitar que, uma vez que se pretendeu com este estudo analisar fundamentalmente o impacto económico de fatores inerentes ao tratamento relativo a sistemas de anti-corrosão, não se consideraram os benefícios fiscais relativos às depreciações aquando do cálculo dos *cash-flows*. Assim recomenda-se como trabalho futuro que este impacto seja introduzido, tornando as conclusões mais robustas. Posteriormente, seria interessante perceber a variação dos indicadores apresentados nas AS realizadas, de acordo com a referida sugestão.

Por fim, realçar que o objetivo desta dissertação foi cumprido apesar de todas as dificuldades e limitações afetas.

## Bibliografia

- Aguilar, K. (2014). Aplicação da técnica de correntes parasitas para detecção de trincas em juntas soldadas de aço cladeado. Tese de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Alencar, R.C. (2005). Custo do Capital Próprio e Nível de Disclosure nas Empresas Brasileiras. *Brazilian Business Review*, 2(1), 1-12.
- Allee, V. (2008). Value network analysis and value conversion of tangible and intangible assets. *Journal of intellectual capital*, 9, 5-24.
- Alpizar, F., Carlsson, F. & Martinsson, P. (2001). Using Choice Experiments for Non-Market Valuation. *Working Papers in Economics*, 52, 2-37.
- Araújo, J. J. & Amaral, T. M. (2015). Aplicação do método ELECTRE I para problemas de seleção envolvendo projetos de desenvolvimento de software livre. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 2, 121-137. DOI: 10.15675/gepros.v11i2.1425
- Arzaghi, E., Abaei, M., Abbassi, R., Garaniya, V. Chin, C., & Khan, F. (2017) Risk-based maintenance planning of subsea pipelines through fatigue crack growth monitoring. *Engineering Failure Analysis*. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2017.06.003
- ASM International (2000). The Effects and Economic Impact of Corrosion. *Corrosion: Understanding the Basics*. Acedido em: [https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/06691G\\_Chapter\\_1.pdf](https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/06691G_Chapter_1.pdf)
- Barker, T. J., & Zabinsky, Z. B. (2011). A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process. *Omega*, 39(5), 558–573.
- Belvederesi, C., Thompson, M., & Komers, P. (2018). Statistical analysis of environmental consequences of hazardous liquid pipeline accidents. *Heliyon*, 4.
- Bertram, M., Lauer, J., Joncheere, K., Edejer, T., Hutubessy, R., Kieny, M. & Hill, S. (2016). Cost-effectiveness thresholds: pros and cons. *Bull World Health Organ*, 94, 925–930.
- Blair, M., Hoffman, G. & Tamburo, S. (2001). Clarifying intellectual property rights for the new economy. *Georgetown Law and Economics Research paper*, 274038. Washington, DC: Georgetown University Law Center.
- Bleichrodt, H. & Quiggin, J. (1999). Life-cycle preferences over consumption and health: when is cost-effectiveness analysis equivalent to cost-benefit analysis? *Journal of Health Economics*, 18(6), 2-15.
- Boerema, A., Van Passel, S., & Meire, P. (2018). Cost-effectiveness analysis of ecosystem management with ecosystem services: from theory to practice. *Ecological Economics*, 152, 207-218.
- Botosan, C. (1997). Disclosure Level and the Cost of Equity Capital. Washington University. *The Accounting Review*, 72 (3), 323-349.
- Boyer, T., & Polasky, S. (2004). Valuing urban wetlands: a review of non-market valuation studies. *Wetlands*, 24(4), 744-755.
- Boyle, K. J. (2003). Introduction to Revealed Preference Methods. In Champ, P. A., Boyle, K. J., Brown, T. C. (Eds.), *A Primer on Nonmarket Valuation*, 259–267.
- Bradford, A. (2018). *Gas Pipeline Costs Run Higher*. BTU Analytics.
- British Petroleum (2017). *BP Statistical Review of World Energy 2017*, 1(66), 26-34.
- Buschinelli, P. (2007). *Desenvolvimento de um sistema óptico por triangulação cônica para inspeção do perfil interno de dutos*. Tese de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.



- Cabral, H. (2007). *Desenvolvimento de ferramentas computacionais para modelagem e análise automática de defeitos de corrosão em Dutos*. Tese de Mestrado, UFP, Recife.
- Carvalho, A. (1995). Avaliação da Integridade Interna de Sistema de Oleodutos da PETROBRAS (E&P – RNCE), *18º Congresso Brasileiro de Corrosão*, 2(1), 969-982.
- Cellini, S. & Kee, J. (2010). Cost-Effectiveness and Cost-Benefit Analysis. In K. Newcomer, H. Hatry & J. Wholey (Eds.), *Handbook of Practical Program Evaluation, Fourth*, 636-672. USA: Jossey-Bass.
- Central Intelligence Agency World Factbook (2016). Country Comparison: Natural Gas Consumption. The World Factbook, Acedido em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-worldfactbook/rankorder/2250rank.html>.
- CEPS (2015). Assessing The Costs And Benefits Of Regulation, Study for the European Commission, Secretariat General, Brussels.
- Cheng, J. (2008). Mechanical and Chemical Properties of High Density Polyethylene: Effects of Microstructure on Creep Characteristics. Tese de doutoramento, University of Waterloo, Canadá.
- Comissão Europeia (2003). *Manual de análise de custos e benefícios dos projetos de investimento*. Acedido em [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02\\_pt.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_pt.pdf)
- Commission de Régulation de l'Énergie (2004). *Public consultation on the tariffs and conditions for using underground natural gas storage facilities in France*.
- Corbetta, P. (2003). *Social research: Theory, methods and techniques*. Sage.
- Cor-Pro Systems (s.d). *What is corrosion protection?* Acedido em: <http://www.cor-pro.com/benefits/what-is-corrosion-protection/#1446781395128-e98d1716-2fb5>.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Londres: Sage.
- Damodaran, A., (2006). Valuation Approaches and Metrics: A Survey of the Theory and Evidence. *Stern School of Business*.
- Damodaran. (2014). *Data: Archives*. Nova Iorque: Damodaran Online. Disponível em novembro, 17, 2020 em [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/dataarchived.html#discrate](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/dataarchived.html#discrate)
- De La Torre-Díez, I., López-Coronado, M., Vaca, C., Aguado, J. S., & de Castro, C. (2015). Cost-utility and cost-effectiveness studies of telemedicine, electronic, and mobile health systems in the literature: a systematic review. *Telemedicine and e-Health*, 21(2), 81-85.
- Decreto-Lei Nº 140/2006 de 26 de julho. *Diário da República, nº 143/2006 - 1ª Série*. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa.
- Dhaliwal, I., Duflo, E., Glennerster, R., & Tulloch, C. (2013). Comparative cost-effectiveness analysis to inform policy in developing countries: a general framework with applications for education. *Education policy in developing countries*, 17, 285-338.
- Diehl, C., Clea, M. & Abreu, A. (2017). *Mensuração de Custos Intangíveis: uma análise prática*. *Contabilidade Vista & Revista*, 3, 41-71. Acedido em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/contabilidadevistaerevista/article/view/968>.
- Dinwiddy, C., Teal F., (1996) Principles of cost-benefits analysis for developing countries. *Cambridge University Press*.
- Direção Geral de Energia e Geologia (2017). *Relatório sobre Avaliação dos Riscos que afetam o aprovisionamento de Gás Natural em Portugal*. Lisboa: Ministério da Economia.

- Divisão Técnica de Corrosão e Proteção de Materiais (2019). *Definições de Corrosão*. Disponível em 24 julho de 2021 em: [https://www.spmateriais.pt/corrosaoeprotecao/?page\\_id=1373](https://www.spmateriais.pt/corrosaoeprotecao/?page_id=1373)
- Drummond, M. & Jefferson, T. (1996). Guidelines for authors and peer reviewers of economic submissions to the BMJ. *BMJ*, 313(7052), 275–283.
- ECB Statistical Data Warehouse. (2021). Yield curve spot rate, 20-year maturity - Government bond, nominal, all issuers whose rating is triple A - Euro area. Portugal, Europa: European Central Bank. Disponível em março, 12, 2021 em [https://sdw.ecb.europa.eu/quickview.do?SERIES\\_KEY=165.YC.B.U2.EUR.4F.G\\_N\\_A.SV\\_C\\_YM.SR\\_20Y](https://sdw.ecb.europa.eu/quickview.do?SERIES_KEY=165.YC.B.U2.EUR.4F.G_N_A.SV_C_YM.SR_20Y)
- ERSE (2017). *Análise dos investimentos do setor do gás natural*. Acedido em: <http://www.erse.pt/pt/gasnatural/tarifaseprecos/20172018/Documents/An%C3%A1lise%20%20Investimentos%20Setor%20GN.pdf>.
- Espírito Santo, P. (2010). *Introdução à Metodologia das Ciências Sociais*. Lisboa: Edições Sílabo.
- ESRI (2012). What is GIS? *Esri World*, obtido através de <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>.
- European Gas Industry Group. (2018). Gas Pipeline Incidents. *10th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2016)*.
- Excellence, C. (2013). Guide to the Methods of Technology Appraisal 2013. Acedido em fevereiro, 7, 2018 em <https://www.nice.org.uk/process/pmg9/chapter/foreword>.
- Falcão, M. & Salvado, A. (2015). Análise Custo-Benefício. Metodologia para apoio à decisão em intervenções de Arquitetura, Engenharia e Construção. *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, 33-34.
- Farbera, A., Gilletb, R. & Szafarzc, A. (2006). A General Formula for the WACC: A Reply. *International Journal of Business*, 11.
- Ferrante, M. (2013). *Seleção de Materiais*. São Carlos: EdUFSCar.
- Fontana, A., & Frey, J. H. (2005). Interviewing: the art of science. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (361–376). Newsbury Park: Sage.
- Frauches-Santos, C., Albuquerque, M. A., Oliveira, C., & Echevarria, A. (2013). A Corrosão e os Agentes anticorrosivos. *Revista Virtual Quím*, 6 (2), 293-309.
- Freeman, H., Rossi, P. & Wright, S. (1980). Book Reviews: Evaluation: A Systematic Approach. *Sage Journals*. DOI: <https://doi.org/10.1177/107554708000200209>.
- Garg, A., & Deshmukh, S. (2006). Maintenance management: Literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 205-238. DOI: 10.1108/13552510610685075
- Gauthier, G. & Thibault, M. (1993). *L'analyse coûts-avantages, défis et controverses*. França: Economica.
- Gentil, V. (2012). *Corrosão*. (6ª Ed.). Rio de Janeiro: LTC Editora S.A.
- Gits, C. W. (1992). Design of maintenance concepts. *International Journal of Production Economics*, 24(3), 217-226.
- Griffée, D. (2005). Research tips: interview data collection. *Journal of Developmental Education*, 28 (3), 36-37.
- Guyer, J., Asce, F. & Aei, F. (2009). *An Introduction to Cathodic Protection*, 3-38.
- Hajkowicz, S. & Collins, K. (2007). A Review of Multiple Criteria Analysis for Water Resource Planning and Management. *Water Resources Management*, 21(9), 2-12.

- Hallegate, S., Rozenberg, J., Rentschler, J., Nicolas, C., Fox, C. (2019). Strengthening new infrastructure assets: A cost-benefit analysis. World Bank Policy Research Working Paper.
- Hansen, D. & Mowen, M. (2003). *Gestão de Custos: contabilidade e controle*. São Paulo: *Pioneira Thompson Learning*, 1(1), 54-61.
- Hendriksen, E. S. & Van Breda, M.F. (1992). *Accounting Theory*. (5ª Ed.). Boston: Irwin.
- Holloway, I., & Galvin, K. (2016). *Qualitative research in nursing and healthcare*.
- Instituto de Metais Não Ferrosos (s.d). Sustentabilidade. Acedido em <http://www.icz.org.br/sustentabilidade.php>
- International Accounting Standards Board (2011). IAS 16 Property, Plant and Equipment. *International Financial Reporting Standards: required for annual periods beginning on 1 January 2012*. London: IFRS Foundation.
- International Union of Pure and Applied Chemistry, Liengen, T., Basseguy, R., Feron, D., Beech, I., & Birrien, V. (2014). Understanding biocorrosion: fundamentals and applications, 66. *Elsevier*.
- Isecke, B., Schutze, M. & Strehblow, H. (2011). *Measurement methods for materials performance-corrosion* in "Springer Handbook of Metrology and Testing", Eds. H. Czichos, T. Saito, L. Smith, Springer, 667-741.
- Jones, H., Domingos, T., Moura, F., & Sussman, J. M. (2014). Transport infrastructure evaluation using cost-benefit analysis: improvements to valuing the asset through residual value—a case study.
- Jones, H., Moura, F., & Domingos, T. (2014). Transport infrastructure project evaluation using cost-benefit analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 111, 400-409.
- Júnior, C. (2016). *Passagem de PIG - Operação Crítica: Conceitos, Operações e Recomendações*.
- Koch, G., Varney, J., Thompson, N., Moghissi, O., Gould, M. & Payer, J. (2016). International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study. *Nace International*.
- Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste management*, 25(8), 818-832.
- Künzli, N., Crivelli, L., Sprumont, D. & Nocera, S. (2015). Does the Swiss School of Public Health exist? *Public Health* 60, 873–875.
- Lancaster Pipeline. (s.d). *A Citizen's Guide: Lifetime*. Williams Transco Central Penn Line South. Acedido em: <http://www.lancasterpipeline.org/pipeline-lifetime> .
- Lemos, G., Oliveira & J., Silva, O. (2016). Previsão e Monitoramento da Vida Útil de Gasodutos Utilizando Modelos de Corrosão. *Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana*, 2(1), 22-32.
- Levin, H. M. (1995). Cost-effectiveness analysis. *International encyclopedia of economics of education*, 2, 381-386.
- Litman, T. (2003). Transportation cost and benefit analysis: Techniques, estimates and implications.
- Martins, P. & Laugen, F. (2005). *Administração da Produção*. (2ª ed.). São Paulo: Saraiva
- McDonough, C. M., & Tosteson, A. N. (2007). Measuring preferences for cost-utility analysis. *Pharmacoeconomics*, 25(2), 93-106.

- McIntosh, M. J., & Morse, J. M. (2015). Situating and constructing diversity in semi-structured interviews. *Global qualitative nursing research, 2*.
- Metha, D., & Madhani, P. (2008). Intangible Assets. An Introduction. *Accounting World*.
- Mishan, E. (1994). *Cost-Benefit Analysis: An informal introduction*. (4ªEd.). New York, Routledge, 364.
- Modigliani, F. & Miller, M. (1963). Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction. *American Economic Review, 53* (3), 433-443.
- Mohitpour, M., Hardeveld, T. V., Peterson, W., & Szabo, J. (2010). *Pipeline Operation & Maintenance: A Practical Approach* (2ª ed.). New York: ASME Press (American Society of Mechanical Engineers).
- Murphy, K. E., & Simon, S. J. (2002). Using cost benefit analysis for enterprise resource planning project evaluation: a case for including intangibles. *Enterprise resource planning: global opportunities and challenges, 245-266*. Florida: IGI Global.
- Murphy, W. (2019). Operating Cost Definition. *Investopedia*.
- N-2782 D. (2015). *Catálogo de Normas Técnicas*. Brasil: PETROBRAS.
- NACE International e FHWA (2002). *Corrosion cost and preventive strategies in the United States*. Acedido em: <http://impact.nace.org/documents/ccsupp.pdf>
- NACE International. (2013). Assessment of the Global Cost of Corrosion. *Nace International*. Acedido em: <http://impact.nace.org/economic-impact.aspx> .
- NCRF 6 (2007). *Norma contábilística e de relato financeiro. Ativos Intangíveis*. Brasil: Comissão de Normalização Contábilística.
- Nepomuceno, L. X. (2019). *Técnicas de manutenção preditiva*. Editora Blucher.
- Neumann, P. J., & Sanders, G. D. (2017). Cost-effectiveness analysis 2.0. *N Engl J Med, 376*(3), 203-205.
- Neves J., (2002) *Avaliação de Empresas e Negócios*. McGraw-Hill.
- Neves, L. (s.d.). A Avaliação do Desenvolvimento Socioeconómico, Manual Técnico II: Métodos e Técnicas. Instrumentos de Enquadramento das Conclusões da Avaliação: Análise Multicritério. Acedido em: [https://www.academia.edu/31207692/A\\_Avalia%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_Developmimento\\_Socioecon%C3%B3mico\\_](https://www.academia.edu/31207692/A_Avalia%C3%A7%C3%A3o_do_Developmimento_Socioecon%C3%B3mico_)
- Ng, C., & Ran, L. (Eds.). (2016). *Offshore wind farms: Technologies, design and operation*. Woodhead Publishing.
- Niroomand, N., & Jenkins, G. P. (2018). A comparison of stated preference methods for the valuation of improvement in road safety. *Economic Analysis and Policy, 59*, 138–149.
- Nóbrega, A., Barbosa, A., Silva, D., Pimenta, G. & Peixoto, D. (2003). Estudo de Caso – Corrosão Interna em Dutos Transportadores de Gás Natural. Rio de Janeiro: 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2-4.
- Nyborg, R. (2009). Pipeline Corrosion Prevention by pH Stabilization or Corrosion on Inhibitors M. Sc., Department Head - Institute for Energy Technology 2. Corrosion Control by pH Stabilization, *Rio Pipeline Conference and Exposition, 1*(1), 1-6.
- Odeck, J., & Kjerkreit, A. (2019). The accuracy of benefit-cost analyses (BCAs) in transportation: An ex-post evaluation of road projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 120*, 277-294.

- Ogier, T., Rugman, J. & Spicer, L. (2012). *The Real Cost of Capital: A business field guide to better financial decisions*. Great Britain: Pearson Education Limited (electronic).
- Orey, F.T. S. A. (2014). *Avaliação de Empresas: Estudo de Caso*. Tese de mestrado, Universidade Católica Portuguesa, Lisboa.
- Pannell, D. J. (1997). Sensitivity analysis: strategies, methods, concepts, examples. *Agricecon*, 16, 139-152.
- Peabody, A. W. (2001). *Peabody's control of pipeline corrosion* (2<sup>o</sup> ed.). Houston, Texas: NACE International.
- Pereira, J. (2013). *Estudo e Aplicação de Ensaios Não Destrutivos - Líquidos penetrantes, Ultra-sons, Radiografia digital – Técnica tangencial medição de espessuras*. Tese de Mestrado, FEUP, Porto.
- Petrobras. (2000). Padrão para Gerenciamento da Integridade Estrutural dos Dutos da Petrobras.
- Pinho, M. & Veiga, P. (2009). Avaliação de custo-utilidade como mecanismo de alocação de recursos em saúde: revisão do debate. *Cad. Saúde Pública*, 25, 239-250.
- Pioto, M.S.V. (2016). *As diferenças entre as metodologias do Weighted Average Cost of Capital (WACC) da ANEEL e da ANTT aplicadas ao reequilíbrio económico-financeiro dos contratos*. Instituto de Pesquisa Económica Aplicada.
- Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. (2020). *Pipeline Incident 20 Year Trend*. EUA: PHMSA. Disponível em setembro, 9, 2020 em [https://portal.phmsa.dot.gov/analytics/saw.dll?Portalpages&PortalPath=%2Fshared%2FPDM%20Public%20Website%2F\\_portal%2FSC%20Incident%20Trend&Page=All%20Reported](https://portal.phmsa.dot.gov/analytics/saw.dll?Portalpages&PortalPath=%2Fshared%2FPDM%20Public%20Website%2F_portal%2FSC%20Incident%20Trend&Page=All%20Reported).
- Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. (2021). *Annual Report Mileage for Gas Distribution Systems*. EUA: PHMSA. Disponível em março, 12, 2021 em <https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/annual-report-mileage-gas-distribution-systems>.
- PWC. (2018). Taxas de IRC. Portugal: PWC. Disponível em novembro, 17, 2020 em <https://www.pwc.pt/pt/pwcinforfisco/guia-fiscal/2018/irc.html>.
- Quivy, R., & Van Campenhoudt, L. (1992). *Manual de investigação em ciências sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Raposo, C. (2010). *Valuation with Corporate Taxes: WACC, APV and FTE methods*. ISEG. Disponível em abril, 03, 2020 em <https://www.iseg.ulisboa.pt/aquila/getFile.do?method=getFile&fileId=169289>.
- REN (2007). REN – Redes Energéticas Nacionais, SGPS, S.A. Acedido em [https://www.ren.pt/ptPT/media/comunicados/detalhe/ren\\_conclui\\_projeto\\_de\\_expansao\\_do\\_terminal\\_de\\_gnl\\_de\\_sines/](https://www.ren.pt/ptPT/media/comunicados/detalhe/ren_conclui_projeto_de_expansao_do_terminal_de_gnl_de_sines/), consultado a 30/05/2018.
- REN (2016). *Prospeto de admissão à negociação no Euronext Lisbon gerido pela Euronext Lisbon – Sociedade Gestora de Mercados Regulamentados*.
- REN (2018). *Relatório & Contas'18*. Lisboa.
- REN. (2019). *Indicadores Chave*. Portugal: REN. Disponível em novembro, 17, 2020 em [https://www.ren.pt/pt-PT/investidores/indicadores\\_chave/](https://www.ren.pt/pt-PT/investidores/indicadores_chave/)
- Ribeiro, C. (2003). *Evaluation results on the effectiveness of the corrosion protection system for underground pipelines, using the DC-Voltage gradient technique*. Paper presented to Rio pipeline 2003 – conference & exposition, Rio de Janeiro, Brasil.

- Richardson, J. (1994). Cost utility analysis: What should be measured? *Social Science & Medicine*, 39, 7-21.
- Robinson, R. (1993). Cost-effectiveness analysis. *BMJ*, 307, 793-862.
- Rocha, C. M. G. (2014). *Case study: análise financeira e avaliação da empresa Sociedade de Exploração Agropecuária Água do Sobreiro*. Tese de mestrado, ISEG, Lisboa.
- Rodrigues, A. & Rocha, C. (2016). Impacto económico potencial do setor das energias renováveis offshore. *PWC*.
- Rodrigues, J. (2010). *Sistemas de Normalização Contabilística Explicado*. Porto: Porto Editora.
- Roy, B., & Bouyssou, D. (1993). *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Paris: Economica.
- Ruhe, M. & Rathlev, F. (2012). Pipeline Integrity Management System, *7<sup>th</sup> Pipeline Technology Conference*, 1(1), 1-10.
- Ryan, F., Coughtan, M., & Cronin, P. (2009). Interviewing in qualitative research: the one-to-one interview. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 16 (6), 309-314.
- Saarikoski, H., Mustajoki, J., Barton, D. N., Geneletti, D., Langemeyer, J., Gomez-Baggethun, E., ... & Santos, R. (2016). Multi-Criteria Decision Analysis and Cost-Benefit Analysis: Comparing alternative frameworks for integrated valuation of ecosystem services. *Ecosystem services*, 22, 238-249.
- Saez, E. (2007). Cost-Benefit Analysis. In J. Gruber (Eds.), *Public Finance and Public Policy* (4-26). USA: Worth Publishers.
- Saias, L., Carvalho, R., Amaral, M. (2002). *Instrumentos Fundamentais de Gestão Financeira*. Lisboa: Universidade Católica Editora.
- Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., ... & Tarantola, S. (2008). *Global sensitivity analysis: the primer*. John Wiley & Sons.
- Schärlig, A. (1990). *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Sen, A. (2000). The discipline of cost benefit analysis. *Journal of Legal Studies*, 29, 931-952.
- Shapiro, S., (2010). The Evolution of Cost–Benefit Analysis in US Regulatory Decisionmaking. *Jerusalem Papers in Regulation & Governance*.
- Silva, J., Cavalcanti, E., Villela, T. & Pimenta, G. (2001). *Monitoramento da Corrosão Interna de Dutos e Instalações de Gás Natural*. São Paulo: Brasil.
- Silva, N. (2020, maio). Reabilitação urbana em Portugal inverteu em abril tendência de crescimento. *Jornal Económico*.
- Snow, D. (2003). *Plant Engineer's Reference Book*. (2<sup>a</sup> Ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Soares, C. (2009). *Gasodutos de alta pressão*. Tese de mestrado, ISEL, Lisboa.
- Sveiby, K. E. (1998). *A nova riqueza das organizações: gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento*. Rio de Janeiro: Campus.
- Tan, J. P., Anderson, J. R., Belli, P., Barnum, H. N., & Dixon, J. A. (2001). *Economic analysis of investment operations: analytical tools and practical applications*. The World Bank.
- Tengs, T. (2004). Cost-Effectiveness versus Cost–Utility Analysis of Interventions for Cancer: Does Adjusting for Health-Related. Quality of Life Really Matter? *PubMed*, 7, 70-78.

- Thoft-Christensen, P. (2012). Infrastructures and life-cycle cost-benefit analysis. *Structure and Infrastructure Engineering*, 8(5), 507-516.
- The NEED Project (2017). Natural Gas. *Secondary Energy Infobook*, 1(1), 27-30.
- Thompson, N., Yunovich, M. & Dunmire, D. (2005). Corrosion Costs and Maintenance Strategies — A Civil / Industrial and Government Partnership. *Materials Performance. NACE International*, 1(1), 1-5.
- Vasconcelos, H. (2011). A Rede Nacional de Transporte de Gás Natural. *Ordem dos Engenheiros*, 3-15.
- Vieira, A., Oliveira, M. & Costa, C. (2020). Enhancing knowledge construction processes within multicriteria decision analysis: The Collaborative Value Modelling framework. *Omega, Elsevier*, 94.
- Vörös, T. (2018). Methodological Challenges in Cost-Benefit Analysis. *Public Finance Quarterly*, 3, 402-423.
- Ward, W., Deren, B. & D'Silva, E. (1991). The economics of project analysis: a practitioner's guide, EDI technical materials. *World Bank Institute*, 1(1).
- Weiss, C. H. (1998). *Evaluation: Methods for studying programs and policies*. London: Prentice Hall.
- Weston, J. F. & Brigham, E. F. (2000). *Fundamentos da Administração Financeira*. 10ª Ed. São Paulo: Makron Books.
- Williams, B. (2008). Cost-benefit analysis. *Economic and Labour Market Review*, 2(12), 67–70.
- Xirimimbi, A. (2018). *Avaliação de Projetos de Investimentos em contexto de Risco e Incerteza*. Tese de Mestrado, ESCE, Setúbal.
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*. Sage publications.
- Zakikhani, K., Nasiri, F., & Zayed, T. (2020). A failure prediction model for corrosion in gas transmission pipelines. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*. DOI: <https://doi.org/10.1177/1748006X20976802>
- Zardasti, L., Hanafiah, N., Noor, N., Yahaya, N., & Rashid, A. (2015). The consequence assessment of gas pipeline failure due to corrosion. *Trans Tech Publications Ltd*, 227, 225-228.
- Zhang, H. et al. (2018). Exploring the driving factors of global LNG trade flows using gravity modelling. *Journal of Cleaner Production*, 72, 508-515.
- Zimmermann, A. T. (2009). Análise de Riscos de um Vazamento de Gás Natural em um Gasoduto. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2002). Multi-criteria Decision Aid in Financial Decision Making: Methodologies and Literature Review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(4–5), 167–186.
- Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2002). Multi-criteria decision aid in financial decision making: methodologies and literature review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(4-5), 167-186.

## Anexos

### Anexo I – Composição de países pertencentes às regiões económicas apresentadas

- **Europa**

Alemanha	Eslovénia	Irlanda	Polónia
Áustria	Espanha	Itália	Portugal
Bélgica	Estónia	Letónia	República Checa
Bulgária	Finlândia	Lituânia	Roménia
Chipre	França	Luxemburgo	Suécia
Croácia	Grécia	Malta	Suíça
Dinamarca	Hungria	Noruega	
Eslováquia	Inglaterra	Países Baixos	

- **Mundo Árabe**

Arábia Saudita	Djibuti	Jordânia	Omã
Argélia	Egito	Koweit	Síria
Barém	Emirados Árabes Unidos	Líbano	Somália
Catar		Líbia	Sudão
Cisjordânia	Iémen	Marrocos	Tunísia
Comores	Iraque	Mauritânia	

- **Four Asian Tigers + Macau**

Coreia do Sul	Macau	Hong Kong	Singapura
---------------	-------	-----------	-----------



Anexo II – Guião para a primeira entrevista semiestruturada (30 de maio de 2018)

<b>Número</b>	<b>Tópicos a abordar</b>
<b>1</b>	<b>A REN</b>
1.1	Apresentação da empresa
1.2	Negócio da empresa
1.3	Histórico de construção dos gasodutos
<b>2</b>	<b>REN e a corrosão</b>
2.1	Importância dada ao combate da corrosão
2.2	Histórico de incidentes
2.3	Medidas de prevenção aplicadas
2.4	Medidas de monitorização aplicadas
2.5	Medidas de correção aplicadas

### Anexo III – Guião para a segunda entrevista semiestruturada (30 de abril de 2019)

<b>Número</b>	<b>Tópicos a abordar</b>
<b>1</b>	<b>A REN</b>
1.1	Planos futuros de construção de gasodutos
1.2	Investimento realizado na construção dos gasodutos
<b>2</b>	<b>REN e a corrosão</b>
2.1	Como é que a corrosão afeta o negócio?
2.2	Quais os custos associados às medidas de prevenção?
2.3	Quais os custos associados às medidas de monitorização?
2.4	Quais os custos associados às reparações?

#### Anexo IV – Cálculo do RFR médio de 2018

<b>Data</b>	<b>RFR / dia</b>
02/01/2018	1,149487
03/01/2018	1,124464
...	...
27/12/2018	0,779304
28/12/2018	0,799922
<b>Média</b>	<b>1,03</b>

## Anexo V – Valores do CP, P e Re de 2018

Ano	Capital Próprio (k€)	Passivo (k€)	Re
2018	1 463 837,00	3 727 737,00	18,18

Anexo VI – Valor referente à taxa de IRC em 2018

IRC	0,21
-----	------

## Anexo VII – Valor referente ao Rd em 2018

<b>Rd</b>	2,20
-----------	------

Anexo VIII – Cálculo dos Betas de acordo com os valores de RFR, MRP e Beta calculados para 2018

Ano	RFR médio/ano	MRP/ano	Beta Unlevered/ano	Beta Levered/ano
2018	1,03	7,96	1,23	2,47

## Anexo IX – Cálculo do CMPC de 2018

Ano	CMPC	CMPC (%)
2018	0,063731679	6,37



## Anexo X – ACB do projeto A

Projeto	Rubricas	Custo por ano (€)					
		0	1	2	3	4	5
		2020	2021	2022	2023	2024	2025
A	Investimento	-872.674.560,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Custos operacionais	0,00	-646.248,12	-609.442,30	-574.841,63	-542.314,00	-511.735,21
	Custos de ativos tangíveis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>EBITDA</b>	<b>-872.674.560,00</b>	<b>-646.248,12</b>	<b>-609.442,30</b>	<b>-574.841,63</b>	<b>-542.314,00</b>	<b>-511.735,21</b>
	Desvalorização	-	-	-	-	-	-
		17.453.491,20	17.453.491,20	17.453.491,20	17.453.491,20	17.453.491,20	17.453.491,20

Projeto	Rubricas	Valores constantes (iguais ao ano 2025)				
		6	7	...	18	19
		2026	2027		2038	2039
A	Investimento	0,00	0,00	...	0,00	0,00
	Custos operacionais	-511.735,21	-511.735,21		-511.735,21	-511.735,21
	Custos de ativos tangíveis	0,00	0,00		0,00	0,00
	<b>EBITDA</b>	<b>-511.735,21</b>	<b>-511.735,21</b>		<b>-511.735,21</b>	<b>-511.735,21</b>
	Desvalorização	-17.453.491,20	-17.453.491,20		-17.453.491,20	-17.453.491,20

## Anexo XI – ACB do projeto B

Projeto	Rubricas	Custo por ano (€)					
		0	1	2	3	4	5
		2020	2021	2022	2023	2024	2025
B	Investimento	-872.727.272,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Custos operacionais	0,00	-287.666,53	-270.431,48	-254.229,03	-238.997,33	-224.678,21
	Custos de ativos tangíveis	-52.712,73	-49.554,53	-46.585,56	-43.794,46	-41.170,59	-38.703,93
	EBITDA	<b>-872.779.985,45</b>	<b>-337.221,06</b>	<b>-317.017,04</b>	<b>-298.023,50</b>	<b>-280.167,93</b>	<b>-263.382,14</b>
	Desvalorização	-6.981.818,18	-6.981.818,18	-6.981.818,18	-6.981.818,18	-6.981.818,18	-6.981.818,18

Projeto	Rubricas	Valores constantes (iguais ao ano 2025)				
		6	7	...	18	19
		2026	2027		2038	2039
B	Investimento	0,00	0,00	...	0,00	0,00
	Custos operacionais	-224.678,21	-224.678,21		-224.678,21	-224.678,21
	Custos de ativos tangíveis	-38.703,93	-38.703,93		-38.703,93	-38.703,93
	EBITDA	<b>-263.382,14</b>	<b>-263.382,14</b>		<b>-263.382,14</b>	<b>-263.382,14</b>
	Desvalorização	-6.981.818,18	-6.981.818,18		-6.981.818,18	-6.981.818,18