



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

CICLO DE VIDA DE ACTIVOS FÍSICOS DO SETOR DA ÁGUA COM VERTENTE DE RISCO – CASO DE ESTUDO

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia e Gestão de Ativos Físicos

Autor

Ana Patrícia Pedro da Silva

Orientadores

Professor Doutor José Manuel Torres Farinha

Professor Doutor Hugo David Nogueira Raposo

Co-Orientador

Professor Doutor Mateus Daniel Almeida Mendes



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Junho 2023

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer aos meus familiares, em especial aos meus pais, irmão e prima São, pelo apoio incondicional, incentivo e paciência, e por serem, para mim, um exemplo diário de esforço, coragem e humildade. Um agradecimento muito especial ao João Pedro, pela paciência, amor, carinho, ajuda e incentivo, essenciais para mim durante a elaboração deste trabalho.

Agradecer aos professores do ISEC, em especial ao Professor Doutor Torres Farinha, ao Professor Doutor Hugo Raposo e ao Professor Doutor Mateus Mendes por toda a disponibilidade e motivação, pelo conhecimento e ensinamentos, semana após semana até à conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas do MEGAF pela partilha, troca de ideias e conhecimento. Em especial à Cláudia Gaspar e ao Tonny Mendes pela motivação extra.

A todos os meus amigos, aos que o são desde sempre e aos que tive o privilégio de conhecer durante o meu percurso académico, em especial à Joana e ao Rui, pela amizade, preocupação e paciência.

Deixo o meu profundo agradecimento a todos estes e aqueles que não mencionei, mas que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O trabalho tem como objetivo a análise de ciclo de vida de ativos físicos do setor da água, nomeadamente a central de captação da Fervença (Cantanhede), associada à vertente do risco. Esta análise terá como base as ISO 5500X de Gestão de Ativos Físicos e as ISO 3100X de Gestão de Risco.

Este estudo visa a avaliação dos investimentos realizados na central até 2022, baseando-se nos custos de investimento, de funcionamento e de manutenção que permitem maximizar os resultados operacionais e satisfação dos consumidores da empresa em estudo.

A abordagem é feita na perspetiva do ciclo de vida do investimento (*LCI – Life Cycle Investment*) e não do tradicional custo do ciclo de vida (*LCC – Life Cycle Cost*). Sendo que serão aplicados métodos de depreciação de equipamento: Método Linear de Depreciação, Método da Soma de Dígitos e do Método Exponencial. Estes serão auxiliares nos cálculos dos modelos econométricos: Método da Renda Anual Uniforme, Método de Minimização do Custo Médio Total (MMCMT) e o MMCMT com Redução ao Valor Presente. Modelos que auxiliam a tomada de decisão nas organizações.

Como caso de estudo serão usados dados relativos à central captação de água da Central Fervença da empresa INOVA – Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, EM – S.A., da qual depende todo o abastecimento do concelho de Cantanhede e em menor percentagem de três concelhos limítrofes (Coimbra, Mira e Montemor-o-Velho). Este fator de elevada dependência classifica a instalação em causa como crítica ao normal funcionamento do sistema de abastecimento de água a toda a população residente nestes municípios.

Como resultado deste estudo pretende-se demonstrar qual o impacto do risco nas decisões de investimento, nomeadamente os riscos associados à inoperabilidade dos equipamentos fulcrais para o funcionamento da central, sejam estes económico-financeiros, viabilidade, operabilidade e fiabilidade.

Palavras-chave: Gestão de Ativos Físicos; Gestão de Ciclos de Vida; Gestão de Risco financeiro; ISO 5500X; ISO 3100X

ABSTRACT

The main goal of the present work is to analyze the life cycle of assets of a water company, namely the collection center of Fervença (Cantanhede, Portugal), associated with the risk aspect. This analysis is based on ISO 5500X of Assets Management and ISO 3100X of Risk Management.

This study aims to evaluate the investments made in the collection center until 2022, based on the investment, operating and maintenance costs that allow maximization of the operational results and consumer satisfaction of the company under study.

The approach is taken from the perspective of the Life Cycle Investment (LCI) and not of the traditional Life Cycle Cost (LCC). Equipment depreciation methods will be applied: Linear Depreciation Method, Sum of Digits Method and Exponential Method. These methods will be auxiliary in the calculations of the econometric models: Uniform Annual Income Method, Total Average Cost Minimization Method (TACMM) and TCAMM with Reduction to Present Value, that are models that help the decision-making in organizations.

As a case study, data from INOVA - Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, EM - S.A.'s collection center of Fervença will be used. The entire water supply of the municipality of Cantanhede and, in a smaller percentage, the three bordering municipalities (Coimbra, Mira and Montemor-o-Velho), depends on this collection center. This high dependency factor classifies this facility as critical to the ordinary functioning of the water supply system for the population that lives in these municipalities.

As a result of this study, it is intended to demonstrate the impact of the risk on investment decisions, namely the risks associated with inoperability of essential equipment for the operation of the collection center, whether these are economic, financial, viability, operability and reliability.

Keywords: Asset Management; Life Cycle Management; Financial Risk Management; ISO 5500X; ISO 3100X

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
ACRÓNIMOS E SIMBOLOGIA	VII
2 CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
2.1 ENQUADRAMENTO.....	1
2.2 OBJETIVOS E LIMITAÇÕES.....	1
2.3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	1
2.4 QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO	2
2.5 ESTRUTURA.....	3
3 CAPÍTULO 2: ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
3.1 VERTENTE NORMATIVA	4
3.1.1 Norma ISO 55000 – Gestão de Ativos: Visão Geral, Princípios e Terminologia.....	4
3.1.2 Norma ISO 55001 – Gestão de Ativos: Sistema de Gestão – Requisitos.....	7
3.1.3 Norma ISO 55002 – Gestão de Ativos: Sistema de Gestão – Linhas de orientação p/ aplicação da ISO 55001...	8
3.1.4 Norma ISO 31000 – Gestão do Risco: Linhas de orientação	9
3.1.5 Norma ISO 31010 – Técnicas de Avaliação do Risco	11
3.2 REVISÃO DE LITERATURA	12
4 CAPÍTULO 3. METODOLOGIA	15
4.1 MODELOS ECONÓMICOS DE SUBSTITUIÇÃO.....	15
4.1.1 Método linear de depreciação.....	16
4.1.2 Método da soma dos dígitos.....	17
4.1.3 Método Exponencial	18
4.2 MODELOS ECONOMÉTRICOS	20
4.2.1 Método da Renda Anual Uniforme.....	21
4.2.2 Método da Minimização do Custo Médio Total.....	23
4.2.3 Método Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente.....	24
4.3 LÓGICA DIFUSA	25
4.4 MODELO ECONÓMICO DE SUBSTITUIÇÃO – INDICADOR FINANCEIRO.....	27
4.4.1 Retorno do Investimento (ROI).....	27
5 CASO DE ESTUDO	28
5.1 MODELOS DE SUBSTITUIÇÃO – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS ENDÓGENAS E EXÓGENAS	28
5.1.1 Depreciação do valor do ativo.....	29
5.1.2 Modelos de substituição – Taxa Aparente Constante.....	31
5.1.3 Modelos de Substituição – Taxa Aparente Anual.....	33
5.1.4 Influência da Taxa de Risco.....	35
5.1.5 Modelos de substituição – Taxa Aparente Constante com adição de Investimento no ativo.....	39
5.1.6 Modelos de substituição – Taxa Aparente Anual com adição de Investimento no ativo.....	41
5.1.7 Influência da Taxa de Risco com adição de Investimento no ativo.....	43
5.2 AVALIAÇÃO DO INDICADOR FINANCEIRO - ROI	46
5.2.1 ROI – Taxa Aparente fixa.....	46
5.2.2 ROI – Taxa aparente fixa com taxa de Risco.....	48
5.2.3 ROI – taxa aparente anual com taxa de risco	49
6 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

Índice de Figuras

Figura 1 - Princípios da Gestão do Risco [Fonte: ISO 31000].....	9
Figura 2 - Processo de Gestão de Risco [Fonte: ISO 31000].....	10
Figura 3 - Depreciação do valor do ativo	30
Figura 4 - Depreciação do valor do ativo c/ investimento.....	31
Figura 5 - MRAU taxa aparente constante.....	32
Figura 6 - MMCMT-RVP taxa aparente constante.....	33
Figura 7 - MRAU taxa aparente anual.....	34
Figura 8 - MMCMT-RPV taxa aparente anual.....	35
Figura 9 - Fuzzificação para o cálculo do risco	37
Figura 10 MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco	38
Figura 11 - MMCMT-RPV taxa aparente anual c/ taxa de risco.....	39
Figura 12 - MRAU taxa aparente constante c/ investimento	40
Figura 13 - MMCMT-RVP taxa aparente constante c/ investimento	41
Figura 14 - MRAU taxa aparente anual c/ investimento	42
Figura 15 - MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ investimento	43
Figura 16 - MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento.....	44
Figura 17 - MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento	45
Figura 18 - Análise Global do LCI (taxa aparente fixa)	46
Figura 19 - Análise Global LCI/Renda final (taxa aparente fixa).....	47
Figura 20 - Vida útil da Central Fervença (taxa aparente fixa).....	47
Figura 21 - Análise Global LCI (taxa aparente fixa c/ taxa de risco).....	48
Figura 22 – Análise Global LCI/Renda Final (taxa aparente fixa c/ taxa de risco).....	48
Figura 23 - Vida útil da Central Fervença (taxa aparente fixa c/ taxa de risco)	49
Figura 24 - Análise Global LCI (taxa aparente anual c/ taxa de risco).....	50
Figura 25 - Análise Global LCI/Renda Final (taxa aparente anual c/ taxa de risco)	50
Figura 26 - Vida útil da Central Fervença (taxa aparente anual c/ taxa de risco)....	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Depreciação do valor do ativo.....	29
Tabela 2 - Depreciação do valor do ativo c/ investimento	30
Tabela 3 - MRAU taxa aparente constante	32
Tabela 4 - MMCMT-RVP taxa aparente constante	33
Tabela 5 - MRAU taxa aparente anual.....	34
Tabela 6 - MMCMT-RVP taxa aparente anual.....	35
Tabela 7 - Dados para o cálculo da taxa de risco	36
Tabela 8 - Cálculo do valor do risco.....	37
Tabela 9 - MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco.....	38
Tabela 10 - MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ taxa de risco	39
Tabela 11 - MRAU taxa aparente constante c/ investimento.....	40
Tabela 12 - MMCMT-RVP taxa aparente constante c/ investimento.....	41
Tabela 13 - MRAU taxa aparente anual c/ investimento.....	42
Tabela 14 MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ investimento	43
Tabela 15 - MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento.....	44
Tabela 16 - MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento	45

ACRÓNIMOS E SIMBOLOGIA

- CA – Custo de Aquisição
- CE – Custos de Exploração
- CM – Custos de Manutenção
- CO – Custos de Operação (CO)
- ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
- ISO – *International Organization for Standardization*
- LCC – *Life Cycle Cost*
- LCI – *Life Cycle Investment*
- MMCMT – Método de Minimização do Custo Médio Total
- MMCMT – RVP – Método de Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente
- MRAU – Método da Renda Anual Uniforme
- ROI – *Return on Investment*
- VC – Valor de Cessão
- i_A – Taxa aparente
- θ – Taxa de inflação
- i – Taxa de capitalização
- r – Taxa de risco
- d_l – Quota anual de depreciação
- VC_n – Valor Residual do equipamento ao fim de n períodos de tempo
- N – Tempo de vida correspondente a VC_n
- l – Anos
- V_n – Valor do equipamento, num período $n=1,2,3 \dots n$
- VPL – Valor Presente Líquido
- RAU_n – Renda Anual Uniforme
- $C_{n(MMCMT)}$ – Custo Médio Total
- $C_{n(MMCMT-RVP)}$ – Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente

1 CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A gestão de ativos refere-se à prática de gerir um portfólio de ativos de uma empresa de forma estratégica e eficiente. Esses ativos podem incluir recursos físicos, financeiros, tecnológicos e humanos, entre outros.

O objetivo da gestão de ativos é maximizar o valor desses ativos para a empresa, por meio da identificação de oportunidades de investimento, alocação eficiente de recursos, manutenção e melhoria dos ativos existentes e desinvestimento quando necessário.

A gestão de ativos envolve várias etapas, desde a aquisição e registo dos ativos, passando pela avaliação do seu desempenho e manutenção, até ao descarte ou substituição, quando necessário. A gestão de ativos também pode incluir a gestão de riscos associados aos ativos, como riscos operacionais, financeiros e de segurança.

A gestão de ativos é uma disciplina importante em diversas áreas, incluindo negócios, finanças, engenharia, tecnologia e governança corporativa. Uma gestão de ativos eficaz pode ajudar as empresas a alcançar seus objetivos estratégicos, melhorar a sua eficiência operacional, reduzir riscos e aumentar a rentabilidade.

1.2 Objetivos e limitações

A gestão de ativos, além de algo abrangente e transversal a qualquer área de negócio é imprescindível para que esta tenha sucesso. Contudo é uma área ainda pouco explorada, mas virá alterar a visão de gestão de muitas organizações.

Assim, esta tese tem como objetivo realçar a importância da gestão de ativos no seio de uma entidade gestora de águas, através da análise da sua central de captação de água.

1.3 Apresentação da empresa

A Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, E.M.-S.A. (INOVA) foi constituída em 16 de abril de 2002, com sede em Cantanhede, sendo uma Empresa Local com o estatuto de pessoa coletiva de direito privado, de natureza

municipal dotada de personalidade jurídica, autonomia administrativa, financeira e patrimonial. A empresa rege-se por estatutos próprios e pela lei aplicável às Empresas locais (Lei nº50/2012, de 31 de agosto).

A INOVA dedica-se: à prestação de serviços de interesse geral, nomeadamente, a gestão e exploração dos sistemas de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de resíduos urbanos do município de Cantanhede; à gestão do sistema de limpeza pública no concelho; à realização da Exposição Feira Agrícola, Comercial, Industrial de Cantanhede (EXPOFACIC); à gestão e exploração de uma rede de transportes urbanos/locais dentro da área do município, de forma a permitir, em particular, o acesso fácil às zonas industriais do concelho e escolas; ao desenvolvimento e gestão do complexo desportivo de Ançã e à promoção do desenvolvimento local, nomeadamente a promoção do desenvolvimento urbanístico e paisagístico do concelho, através da administração, manutenção e realização de investimentos nos espaços verdes pertencente ao domínio público municipal e à continuação da gestão do centro de ciência de desenvolvimento da agricultura biológica que foi criado e desenvolvido com a criação da INOVA.

A missão da INOVA é “Garantir a um custo socialmente aceitável a qualidade dos serviços públicos municipais de abastecimento de água, águas residuais e resíduos urbanos, bem como garantir que todas as restantes atribuições delegadas pelo Município de Cantanhede são desenvolvidas com critérios de eficácia e eficiência, promovendo-se a qualidade de vida das populações e obedecendo-se a critérios de sustentabilidade económico-financeira e ambiental.”

Esta empresa tem como visão “Procurar ser uma entidade gestora de referência a nível nacional, relativamente aos serviços públicos de abastecimento de água, águas residuais e resíduos urbanos e contribuir para que Cantanhede seja um dos Concelhos com melhor qualidade de vida do país”.

Sendo a empresa gestora de águas, é considerada um monopólio natural, no meio empresarial. Desta forma, é regulada pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR); sendo uma empresa municipal presta contas diretamente à Câmara Municipal de Cantanhede.

1.4 Questões de investigação

O presente projeto visa responder às seguintes questões:

- Qual o ciclo de vida expectável para o ativo: Central de Fervença?
- Quais as implicações dos investimentos na Central de Fervença no ciclo de vida dos seus equipamentos?

- Qual a implicação da taxa de risco no ciclo de vida do ativo em estudo?

1.5 Estrutura

Este relatório é composto pelos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Neste capítulo é apresentada a introdução e contextualização do trabalho. É apresentada a estrutura do documento, bem como a empresa que serviu de caso de estudo para a realização do trabalho. Este capítulo tem o objetivo de dar uma visão global do projeto.

Capítulo 2 – Este capítulo apresenta o estado da arte dos conceitos de gestão de ativos e de risco.

Capítulo 3 – Neste capítulo é exposta uma abordagem aos vários modelos econométricos e de vida útil de substituição de equipamentos, bem como dos modelos utilizados.

Capítulo 4 – Este capítulo apresenta os resultados dos métodos e modelos aplicados com utilização de valores reais.

Capítulo 5 – Por último, mas não menos importante, são expostas as conclusões e uma breve discussão dos resultados, bem como referidos os principais contributos apresentados neste projeto.

2 CAPÍTULO 2: ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 Vertente normativa

As linhas orientadoras deste relatório centram-se nas normas de Gestão de Ativos: ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002; e nas normas de Gestão de Risco: ISO 31000, ISO 31010, ISO 31022, ISO 31030, ISO 31050 e ISO Guide 73.

2.1.1 Norma ISO 55000 – Gestão de Ativos: Visão Geral, Princípios e Terminologia

A “Norma ISO 55000 – Gestão de Ativos: Visão Geral, Princípios e Terminologia” é uma norma internacional que começa por definir os destinatários da sua utilização, os fatores e objetivos que influenciam a gestão de ativos de uma organização. Seguindo-se a definição de um ativo, os princípios fundamentais e os benefícios da gestão de ativos, terminando com os requisitos de um sistema de gestão de ativos.

Os destinatários da utilização da Norma ISO 55000 são os que pretendem melhorar a perceção e produção do valor para as suas organizações. Estes devem estar envolvidos no estabelecimento, na implementação, na manutenção e na melhoria de um sistema de gestão de ativos, bem como os que estejam envolvidos no planeamento, no projeto, na implementação e na revisão das atividades de gestão de ativos, conjuntamente com os prestadores de serviços.

Os fatores que influenciam a gestão de ativos de uma organização prendem-se com a natureza e o propósito da organização, o contexto operacional, as restrições financeiras, os requisitos regulamentares, as necessidades e expectativas da organização e das partes interessadas.

A gestão de ativos tem como objetivo sustentar a perceção e produção de valor gerindo os riscos e as oportunidades, a fim de alcançar o equilíbrio desejado entre custo, risco e desempenho.

Na ISO 55000 define-se ativo como “um bem, uma coisa ou uma entidade, que tem um valor potencial ou real para uma organização. O valor variará conforme as diferentes organizações e partes interessadas, e pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro.”

Sendo que, em Gestão de Ativos, pode-se considerar a avaliação de um tipo de ativo, sistema de ativos ou portefólio de ativos.

Os princípios fundamentais da Gestão de Ativos são o valor, o alinhamento, a liderança e a garantia. A Gestão de Ativos foca-se no valor que o ativo pode dar à organização através do alinhamento dos objetivos da Gestão de Ativos com os

objetivos organizacionais; utiliza uma abordagem do ciclo de vida para a avaliação da produção de valor dos ativos e para estabelecer processos de tomada de decisão. O alinhamento pressupõe a tradução dos objetivos organizacionais em decisões técnicas e financeiras, planos e atividades.

A liderança é fundamental na definição clara de funções, responsabilidades e autoridade, garantindo a consciencialização dos colaboradores. Estes são competentes e estão dotados de autoridade para o exercício das suas responsabilidades. Dos princípios fundamentais faz ainda parte a garantia de forma a assegurar o cumprimento da função dos ativos.

A ISO 55000 enumera os benefícios dos ativos, sendo estes a melhoria do desempenho financeiro, as decisões fundamentadas de investimento, a gestão do risco, a melhoria dos serviços e dos resultados, a demonstração da responsabilidade social, da conformidade, da melhoria da reputação e da sustentabilidade da organização e a da melhoria da eficiência e eficácia.

Enumera também os benefícios de um sistema de gestão de ativos: a redução do risco; a identificação de oportunidades; o aperfeiçoamento de processos; a melhoria do conhecimento no seio da organização e da tomada de decisão; melhoria em função da organização, como as áreas de compras, financeira, recursos humanos e tecnologias da informação; melhoria da comunicação e interação entre as funções; suporta uma abordagem sustentável de longo prazo para a tomada de decisão; suporta a gestão de energia, gestão ambiental e outras relacionadas com sustentabilidade; traduz-se em melhoria dos planos financeiros, através do equilíbrio das necessidades financeiras de curto prazo e adequação dos planos de atividades de médio e longo prazo; adequa processos integrados entre as funções financeira e de gestão de ativos, permitindo uma melhor avaliação da situação financeira e das necessidades de financiamento relativamente aos seus ativos; incorpora a importância da taxonomia (contabilidade *versus* gestão de ativos); e integra as diversas partes da organização no sistema de gestão de ativos:

- Recursos humanos – criação de modelos de competência, programas de formação e processos de estágio e orientação;
- Integração de todos os dados num sistema para poder haver controlo/gestão de toda a informação existente sobre os diversos ativos;
- Comunicação com os colaboradores, fornecedores e prestadores de serviços – consciencialização.

Um sistema de Gestão de Ativos tem como requisitos: o contexto da organização, a liderança, o planeamento, o apoio, a operacionalização, a avaliação do desempenho, a monitorização e a melhoria contínua.

O contexto da organização é influenciado pelas partes interessadas e detém a chave para o estabelecimento de regras e tomada de decisão consistente, contribuindo para o estabelecimento dos objetivos organizacionais.

A organização insere-se num contexto externo e interno: O contexto externo diz respeito à conjuntura social, cultural, económica e física, bem como condicionantes regulamentares, financeiras e outras externas à organização; já o contexto interno é respeitante à missão, visão e valores da organização, integrando também a cultura e o ambiente organizacional.

A liderança da organização é composta pelos líderes dos diferentes níveis da organização. Estes devem estar envolvidos no planeamento, na implementação e na operacionalização do sistema de gestão de ativos, através da promoção de valores e atribuição de responsabilidades na execução e nos resultados.

O planeamento é formulado a partir das atividades de organização ao nível estratégico e são documentadas num plano organizacional. Os planos de gestão de ativos devem integrar o plano organizacional de modo a definir as atividades a desenvolver nos ativos e conter objetivos específicos e mensuráveis (por exemplo: prazos e recursos a utilizar). Para melhorar o planeamento da organização é importante haver ligação entre os relatórios financeiros e de imobilizado de forma a clarificar e melhorar a avaliação dos resultados, prevenindo a situação financeira e as necessidades de financiamento de médio e longo prazo da organização.

O apoio ou suporte visam a criação de documentação que contribua para a coordenação e cooperação das diferentes áreas da organização (financeira, manutenção, recursos humanos, etc.). Desta forma é possível a implementação, a avaliação e a melhoria de gestão de ativos.

A operacionalização é um requisito que pressupõe a cooperação das diferentes áreas de forma a orientar, implementar e controlar a gestão de ativos. É através da operacionalização que surge a necessidade de avaliação de risco que poderá levar à alteração dos processos de gestão de ativos.

A avaliação do desempenho pode ser direta ou indireta, financeira ou não financeira; deverá ter uma monitorização contínua garantindo uma gestão de ativos eficiente. Assim, a avaliação e monitorização deve ser efetuada sobre os ativos geridos diretamente pela organização bem como sobre os ativos alvo de subcontratação.

O último requisito referido pela norma é a melhoria contínua, sendo que este deve ser aplicado ao longo de todo o processo de gestão de ativos, a qual deve ser permanente e estar integrada nos sistemas de gestão (qualidade, ambiente, saúde, segurança, recursos humanos, gestão e manutenção) permitindo a redução dos riscos e dos custos.

2.1.2 Norma ISO 55001 – Gestão de Ativos: Sistema de Gestão – Requisitos

A “Norma ISO 55001 – Gestão de Ativos: Sistema de Gestão – Requisitos” determina as diretrizes para a realização da gestão de ativos. Esta norma fornece diretrizes detalhadas de forma a auxiliar as organizações na implementação de uma abordagem sistemática e eficaz para a gestão de seus ativos, com o objetivo de alcançar resultados sustentáveis.

Os principais elementos da norma ISO 55001 são:

- Sistema de Gestão de Ativos: A norma exige que as organizações estabeleçam um sistema de gestão de ativos documentado, baseado em políticas, objetivos e processos claramente definidos. Este sistema deve ser integrado na estratégia global da organização.
- Contexto Organizacional: A ISO 55001 enfatiza a importância de compreender o contexto organizacional, incluindo as necessidades das partes interessadas, o ambiente de negócios e os objetivos estratégicos. Isto ajuda a alinhar a gestão de ativos com as metas da organização.
- Planeamento de Ativos: A norma exige que as organizações desenvolvam um plano de gestão de ativos com base numa análise de riscos e oportunidades. Isto envolve identificar e priorizar os ativos críticos, estabelecer metas de desempenho e definir estratégias de gestão de ativos.
- Suporte e Recursos: A ISO 55001 destaca a importância do suporte organizacional e dos recursos necessários para a gestão de ativos. Isso inclui a competência das pessoas envolvidas, a disponibilidade de informação adequada e o acesso aos recursos necessários para a implementação eficaz do sistema de gestão de ativos.
- Operação e Manutenção de Ativos: A norma aborda as atividades de operação e manutenção de ativos, incluindo a implementação de práticas adequadas de operação, manutenção e inspeção. Isto visa garantir o desempenho e a disponibilidade adequados dos ativos ao longo do tempo.
- Melhoria Contínua: A ISO 55001 incentiva a melhoria contínua do sistema de gestão de ativos através da monitorização do desempenho, da realização de auditorias e de revisões periódicas. A organização deve aprender com as experiências passadas e implementar ações corretivas e preventivas para aprimorar o seu desempenho de gestão de ativos.

A certificação conforme a norma ISO 55001 demonstra o compromisso de uma organização em seguir boas práticas de gestão de ativos e pode ajudar a melhorar a eficiência, a fiabilidade e a sustentabilidade dos ativos, bem como a otimização dos custos ao longo do tempo.

2.1.3 Norma ISO 55002 – Gestão de Ativos: Sistema de Gestão – Linhas de orientação p/ aplicação da ISO 55001

A ISO 55002 é uma norma internacional que fornece diretrizes detalhadas para a aplicação da norma ISO 55001, que trata do sistema de gestão de ativos. A ISO 55002 complementa a ISO 55001, fornecendo orientações práticas sobre como interpretar e implementar os requisitos da norma.

Os principais elementos da norma ISO 55002 são:

- **Interpretação dos Requisitos da ISO 55001:** A norma ISO 55002 ajuda as organizações a interpretar e compreender os requisitos da ISO 55001 em termos práticos e aplicáveis. Esta norma fornece exemplos e orientações para auxiliar a implementação eficaz do sistema de gestão de ativos.
- **Objetivo e Contexto da Gestão de Ativos:** A ISO 55002 aborda a definição do objetivo da gestão de ativos numa organização e a importância de considerar o contexto específico em que os ativos atuam. Isto envolve identificar os limites e as *interfaces* dos ativos e considerar as partes interessadas relevantes.
- **Planeamento e Implementação do Sistema de Gestão de Ativos:** A norma fornece orientações sobre como planear e implementar um sistema de gestão de ativos em conformidade com a ISO 55001. Isto inclui a definição de papéis e responsabilidades, a alocação de recursos adequados e a integração da gestão de ativos com outros processos da organização.
- **Avaliação de Riscos e Oportunidades:** A ISO 55002 oferece orientações sobre como realizar a avaliação de riscos e oportunidades relacionados com os ativos. Isso inclui identificar e analisar os riscos associados aos ativos, bem como identificar oportunidades para melhorar o desempenho e a sustentabilidade dos ativos.
- **Informação e Conhecimento:** A norma aborda a importância da gestão da informação e do conhecimento relacionados com os ativos. Esta norma fornece orientações sobre como recolher, armazenar, ter acesso e partilhar informação relevante para a gestão eficaz dos ativos ao longo do seu ciclo de vida.
- **Melhoria Contínua:** A ISO 55002 enfatiza a importância da melhoria contínua no sistema de gestão de ativos. Esta norma fornece orientações sobre como monitorizar o desempenho dos ativos, realizar auditorias, analisar o sistema de gestão de ativos e implementar ações corretivas e preventivas para alcançar melhorias contínuas.

A ISO 55002 é uma ferramenta valiosa para ajudar as organizações a interpretar e implementar os requisitos da ISO 55001 de forma eficaz. Ela fornece orientações práticas e exemplos úteis para apoiar a gestão de ativos e obter melhores resultados em termos de desempenho, custos e sustentabilidade.

2.1.4 Norma ISO 31000 – Gestão do Risco: Linhas de orientação

A norma ISO 31000 é uma norma internacional que estabelece princípios e diretrizes para a gestão do risco em organizações. Esta norma fornece um quadro abrangente para identificar, avaliar, tratar e monitorizar os riscos que podem afetar o alcance dos objetivos de uma organização (Figura 1).



Figura 1 - Princípios da Gestão do Risco [Fonte: ISO 31000]

Principais elementos da norma ISO 31000 (Figura 2):

- **Contexto da Organização:** A norma destaca a importância de compreender o contexto da organização, incluindo os seus objetivos, gestão, estrutura e ambiente operacional. Isto ajuda a identificar os riscos específicos que a organização enfrenta.
- **Comunicação e Consulta:** A ISO 31000 ressalta a importância da comunicação eficaz e da consulta contínua com as partes interessadas internas e externas. Isso promove uma compreensão partilhada dos riscos e contribui para uma tomada de decisão mais informada.
- **Processo de Gestão de Riscos:** A norma define um processo de gestão de risco em etapas. Isso inclui estabelecer o contexto, identificar os riscos,

analisar e avaliar os riscos, tratar os riscos, monitorizar e rever continuamente o processo.

- **Avaliação de Riscos:** A ISO 31000 enfatiza a importância da avaliação de riscos para determinar a probabilidade e o impacto dos riscos identificados. Isso ajuda as organizações a priorizar e tomar decisões sobre a gestão de riscos.
- **Tratamento de Riscos:** A norma oferece orientações sobre as opções de tratamento de riscos, que podem incluir evitá-los, reduzir a sua probabilidade ou impacto, partilhar o risco com outras partes ou aceitar o risco com medidas de mitigação adequadas.
- **Monitorização e Revisão:** A ISO 31000 destaca a importância de monitorizar e rever regularmente os riscos, levando em consideração as mudanças no ambiente interno e externo da organização. Isso garante que a gestão de riscos seja um processo contínuo e adaptativo.

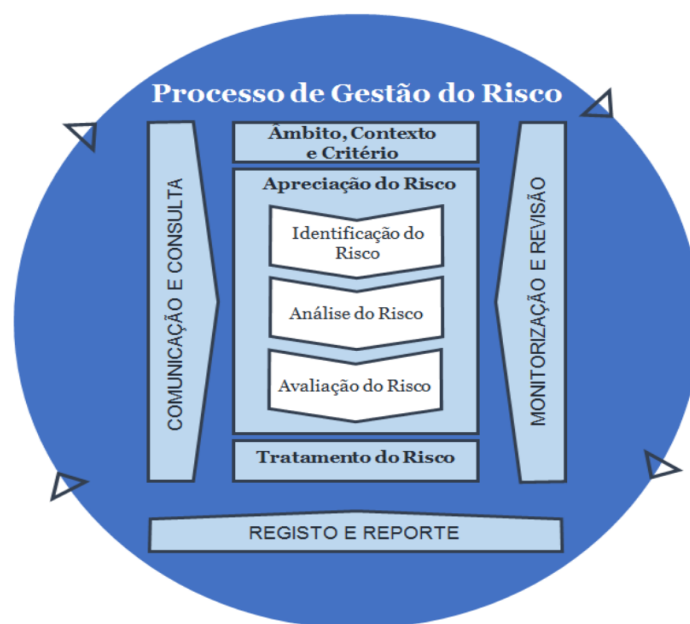


Figura 2 - Processo de Gestão de Risco [Fonte: ISO 31000]

A norma ISO 31000 é flexível e pode ser aplicada a qualquer tipo de organização, independentemente de seu tamanho, setor ou localização geográfica; ajuda as organizações a desenvolver uma cultura de gestão de riscos, fortalecer a sua resiliência e tomar decisões informadas para alcançar os seus objetivos.

2.1.5 Norma ISO 31010 – Técnicas de Avaliação do Risco

A norma ISO 31010 estabelece princípios e diretrizes para a realização de avaliações de risco. Ela fornece orientações detalhadas sobre a seleção e aplicação de técnicas de avaliação de risco para auxiliar as organizações na identificação e análise de riscos que podem afetar os seus objetivos.

Principais elementos da norma ISO 31010:

- **Seleção de Técnicas de Avaliação de Risco:** A norma destaca a importância da seleção apropriada de técnicas de avaliação de risco, considerando a natureza do risco, a disponibilidade de dados e informação, bem como os recursos e as competências da organização. Esta norma fornece uma lista de técnicas com as suas descrições e aplicações específicas.
- **Aplicação de Técnicas de Avaliação de Risco:** A ISO 31010 orienta sobre a aplicação adequada das técnicas de avaliação de risco selecionadas. Ela abrange técnicas qualitativas, semi-quantitativas e quantitativas, como a análise SWOT, análise de cenários, árvores de falhas, análise de Monte Carlo, entre outras. A norma fornece orientações sobre como utilizar essas técnicas de forma eficaz e coerente.
- **Recolha e Análise de Dados:** A norma destaca a importância da recolha e análise de dados precisos e confiáveis para suportar a avaliação de risco. Isso inclui a identificação de fontes de dados, métodos de recolha, análise estatística e interpretação dos resultados. A norma também aborda questões relacionadas com a incerteza e variabilidade dos dados.
- **Comunicação dos Resultados da Avaliação de Risco:** A ISO 31010 enfatiza a importância da comunicação clara e adequada dos resultados da avaliação de risco; aborda aspetos, como a apresentação dos resultados, o uso de linguagem compreensível, a consideração das necessidades das partes interessadas e a incorporação dos resultados na tomada de decisão.
- **Integração com a Gestão de Risco:** A norma destaca a importância de integrar a avaliação de risco com a gestão de risco de uma organização. Isso envolve a consideração dos resultados da avaliação de risco no processo de tomada de decisão, na definição de estratégias de gestão de risco e na implementação de ações corretivas e preventivas.

A norma ISO 31010 fornece uma ampla gama de técnicas e orientações para ajudar as organizações a realizar avaliações de risco eficazes; promove a abordagem sistemática e consistente na identificação e análise de riscos, permitindo uma tomada de decisão mais informada e a implementação de medidas adequadas para gerir os riscos.

2.2 Revisão de literatura

A pesquisa de bibliografia existente referente ao tema da dissertação fez-se com recurso ao *Google Scholar* e outras bibliotecas científicas. Numa primeira fase a pesquisa foi efetuada com algumas palavras-chave, tais como: “*asset management*”, “*evolution*”. Desta pesquisa, encontra-se o artigo “*The evolution of asset management in the water industry*” de Martin Jones, Will Williams e Jeff Stillman.

Neste artigo, os autores consideram que o conceito de gestão de ativos tem nas suas raízes a evolução da indústria e a necessidade de maximizar o valor e o desempenho dos ativos ao longo do tempo. Embora as práticas de gestão de ativos tenham existido por séculos, a abordagem formal e estruturada na gestão de ativos como disciplina começou a desenvolver-se mais recentemente.

Na década de 1960, com a chegada do automatismo e da tecnologia, as organizações começaram a reconhecer a importância dos ativos físicos e a sua contribuição para o desempenho operacional. Nesse período, a gestão de ativos estava principalmente focada na manutenção e reparação de equipamentos de instalações industriais.

Durante as décadas de 1970 e 1980, a consciencialização sobre os custos totais da propriedade dos ativos e a necessidade de otimizar a utilização deles aumentaram. O conceito de ciclo de vida dos ativos começou a ganhar destaque, enfatizando que os ativos devem ser geridos desde a sua aquisição até ao fim da sua vida útil, considerando todas as fases intermédias.

Nos anos 1990, a indústria de petróleo e gás desempenhou um papel significativo no desenvolvimento da gestão de ativos. As empresas do setor perceberam que a abordagem tradicional de "consertar quando quebrar" não era mais eficiente e que uma gestão proativa dos ativos era necessária para garantir a segurança, a fiabilidade e a eficiência operacional.

À medida que a globalização e a complexidade dos negócios aumentavam, outras indústrias, como energia, transporte, fabrico e serviços públicos, começaram a reconhecer a importância da gestão de ativos. A necessidade de tomar decisões informadas sobre investimentos em ativos, riscos associados e desempenho sustentável impulsionou ainda mais o desenvolvimento da disciplina.

Nos últimos anos, a gestão de ativos tem evoluído para incluir não apenas os ativos físicos, mas também os ativos intangíveis, como propriedade intelectual, dados e reputação. O foco mudou de uma perspetiva puramente técnica para uma abordagem holística que considera aspetos financeiros, riscos, sustentabilidade e valor estratégico.

Organizações e associações, como a *International Organization for Standardization* (ISO), têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento e promoção de padrões e normas para a gestão de ativos, como as normas ISO 55000 (Sistema de

Gestão de Ativos), ISO 55001 (Requisitos para o Sistema de Gestão de Ativos) e ISO 55002 (Gestão de Ativos: Sistema de Gestão – Linhas de orientação para a aplicação da ISO 55001).

Hoje, a gestão de ativos é reconhecida como uma disciplina essencial para as organizações que desejam obter melhores resultados financeiros, operacionais e de sustentabilidade ao longo do tempo. A abordagem estratégica e integrada na gestão de ativos permite otimizar o desempenho, reduzir riscos e tomar decisões baseadas na maximização do valor dos ativos.

Numa segunda fase da pesquisa, usaram-se as seguintes palavras-chave: “*asset management*”, “*water*”, “*risk*”. Desta pesquisa, encontra-se o artigo “*Challenges and Risks in Resilience Management of Water and Wastewater Infrastructures*” em que os autores definem “risco” e dividem-no em risco social, económico, ambiental e organizacional associado a empresas de gestão de águas.

Os autores apresentam os desafios principais para as empresas de gestão de água, e deixam, também, algumas propostas de soluções dos mesmos:

- Desafios organizacionais:
 - “*The reasons behind the delays in response time are inappropriate water infrastructure, disparities in the performance and unmonitored self-supply, inaccurate sustainable and innovative system planning, and pooling risks in a professional service Provider*” (Adepu, et. All, 2022); Isto é, os autores consideram que os atrasos no tempo de resposta são devidos às estruturas inapropriadas e à falta de monitorização da mesmas. Isto leva à falta de dados no planeamento e nas tomadas de decisão;
 - Implementação de georreferenciação e monitorização ajuda na identificação de vulnerabilidades nos componentes das instalações;
 - Reutilização das águas como combate ao desperdício e à seca.

- Desafios ambientais:
 - Salinidade da água leva à diminuição do período de vida útil das instalações e ao aumento dos custos de manutenção;
 - Mudança climática – uma das principais barreiras ambientais que pode ser minimizada através do reforço das estruturas para resistir à pressão da água, do cultivo de vegetação e da construção de sistemas de drenagem sustentáveis – separação da água da chuva da água do esgoto;
 - Filtros de areia de lagos eficientes - contribuem para a sustentabilidade da água potável nas comunidades;
 - Agricultura - utilização excessiva de pesticidas e fertilizantes.

- Desafios económicos:
 - *“Lack of funding (Alderson, 2019) is one of most cited economic challenges in ensuring the resilience of a water infrastructure, which reinforces the need for appropriate allocation of adequate funding and implementation of policies that can strengthen the infrastructure” (Adepu, et. All, 2022).* Os autores reforçam que o principal desafio económico é a falta de financiamento para garantir a resiliência das infraestruturas de água. Desta forma, os autores intensificam a necessidade de planeamento e tomadas de decisão fundamentadas de forma a garantir uma aplicação sustentável dos fundos económicos.
 - Nos países em desenvolvimento a falta de acessos à água potável é a principal preocupação associada também a questões de saúde;

- Desafios Sociais:
 - Melhoria da educação e conhecimento - implementação do conceito de resiliência e promoção de infraestruturas sustentáveis;
 - Eliminação de barreiras sociais.

3 CAPÍTULO 3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os métodos econométricos e de substituição de ativos utilizados para determinar o modelo de vida útil dos ativos em estudo. Apresenta-se também a lógica difusa (Lógica Fuzzy) como método de apoio à determinação do risco associado à operacionalidade do ativo em estudo.

3.1 Modelos Económicos de Substituição

Os modelos económicos de substituição de ativos são ferramentas usadas para determinar o momento ideal para substituir um ativo, como uma máquina, equipamento ou veículo, por outro novo. Existem vários métodos diferentes que podem ser usados para determinar o tempo de substituição de um ativo, incluindo:

- Método de substituição simples: este método envolve a comparação do custo presente do ativo atual com o custo presente do novo ativo que o substituirá. Se o custo presente do novo ativo for menor, é altura de substituir o ativo atual.
- Método do custo mínimo: este método envolve a comparação dos custos operacionais e de manutenção do ativo atual com o custo operacional e de manutenção do novo ativo. Se o custo operacional e de manutenção do novo ativo for menor do que o do ativo atual, é altura de substituí-lo.
- Método do Valor Presente Líquido (VPL): este método envolve a comparação do VPL do ativo atual com o VPL de um ativo novo. Se o VPL do novo ativo for maior do que o VPL do ativo atual, é altura de substituir o ativo atual.

Cada método de substituição de ativos tem as suas próprias vantagens e desvantagens; a escolha do método adequado dependerá do tipo de ativo, do setor e das necessidades da empresa. É importante avaliar cuidadosamente os custos e benefícios de cada método antes de decidir quando substituir um ativo.

Para se poder iniciar os cálculos dos diferentes métodos é necessário ter em conta as seguintes variáveis:

- Custo de Aquisição (CA) – o custo de aquisição engloba o valor total do ativo fixo, isto é, todos os custos de aquisição, transporte e instalação
- Valor de Cessão (VC) - Valor Residual do equipamento ao fim de n períodos de tempo;
- Custos de Exploração (CE):

- Custos de Manutenção (CM) – custos associados à manutenção regular, reparos e substituições necessários para garantir o bom funcionamento e prolongar a vida útil de um ativo
- Custos de Operação (CO) – custos necessários para manter o ativo em funcionamento durante o seu ciclo de vida;
- Taxa de Inflação (θ)
- Taxa de capitalização (z)

Os valores para o cálculo das variáveis apresentadas são obtidos através do histórico da empresa, exceto o valor de cessão. Neste caso, é obtido o valor de mercado para cada equipamento em estudo, o que poderá ser difícil para alguns ativos. Em alternativa, pode-se simular diferentes tipos de desvalorização, tais como os seguintes (Farinha, 2011) e (Raposo, 2017):

- Método linear de depreciação
- Método da soma dos dígitos
- Método exponencial

3.1.1 Método linear de depreciação

O método linear de depreciação é um dos mais simples e comuns usados para calcular a depreciação de ativos fixos. Este método estima a depreciação anual de um ativo fixo ao longo da sua vida útil; considera que a depreciação ocorre numa taxa constante ao longo do tempo.

Neste método, a depreciação anual é calculada subtraindo-se o valor residual do custo original do ativo, dividindo-se o resultado pelo número de anos de vida útil estimado para o ativo. Em outras palavras, a depreciação anual é uma proporção igual do custo original do ativo que é considerado como despesa contabilística em cada ano.

A fórmula geral para o cálculo da depreciação anual no modelo linear é dada pela Equação 1:

$$d_l = \frac{CA - VC_n}{N} \quad (1)$$

Sendo,

- d_l - Quota anual de depreciação

- CA - Custo de aquisição do Equipamento
- VC_n - Valor Residual do equipamento ao fim de n períodos de tempo;
- N - Tempo de vida correspondente a VC_n , normalmente expresso em anos;
- l - anos; $l = 1,2,3 \dots n$
- V_n - Valor do equipamento, num período $n=1,2,3 \dots n$

O valor do equipamento, V_n num período n menor que N é dado pela Equação 2:

$$V_n = CA - n * d \quad (2)$$

Assim, o modelo linear de depreciação é um método simples e comum de contabilização de ativos fixos, mas pode não ser apropriado para todos os tipos de ativos. Alguns ativos podem ter uma taxa de depreciação acelerada ou uma vida útil variável, o que pode exigir o uso de outros modelos de depreciação.

3.1.2 Método da soma dos dígitos

O método da soma de dígitos é um método de depreciação acelerada que leva em consideração o facto de que a maioria dos ativos tende a desvalorizar-se mais rapidamente no início de sua vida útil e mais lentamente à medida que envelhecem. Este método é baseado na soma dos anos de vida útil do ativo, atribuindo maior peso aos primeiros anos.

Para calcular a depreciação anual usando o método da soma dos dígitos, é necessário seguir os seguintes passos:

1. Calcular a soma dos dígitos da vida útil do ativo:
 - a. Determinar o número total de anos de vida útil do ativo.
 - b. Somar os números de 1 a n , onde n é o número de anos de vida útil do ativo.
2. Determinar a taxa de depreciação anual:
 - a. Subtrair o valor residual do custo do ativo.
 - b. Dividir o resultado obtido pela soma dos dígitos da vida útil do ativo.
3. Calcular a depreciação anual:

- a. Multiplicar a taxa de depreciação anual pelo número de anos restantes de vida útil do ativo.

Sendo a fórmula geral para o cálculo da depreciação anual no modelo da soma de dígitos é dada pela Equação 3:

$$d_l = \frac{\frac{2 \cdot N - (l - 1)}{N + 1} \cdot CA - VC_n}{N} \quad (3)$$

Sendo,

- d_l - Quota anual de depreciação
- CA - Custo de aquisição do Equipamento
- N - Tempo de vida correspondente a VC_n
- VC_n - Valor Residual do equipamento ao fim de n períodos de tempo
- l - anos; $l = 1, 2, 3 \dots n$
- V_n - Valor do equipamento, num período $n=1, 2, 3 \dots n$

O valor do equipamento, V_n num período n menor que N é dado pela Equação 4:

$$V_n = CA - d_l \quad (4)$$

É importante observar que o método da soma de dígitos resulta numa depreciação acelerada, ou seja, a depreciação é maior nos primeiros anos e diminui nos anos seguintes. Este método pode ser útil para ativos que se desvalorizam rapidamente no início de sua vida útil, como equipamentos de tecnologia de ponta. No entanto, pode resultar em valores de depreciação mais altos em comparação com outros métodos de depreciação, o que pode afetar a saúde financeira da empresa.

3.1.3 Método Exponencial

O método exponencial de depreciação de ativos é uma abordagem utilizada para calcular a depreciação de um ativo ao longo do tempo, em que a mesma é baseada numa taxa constante aplicada ao valor residual do ativo.

A fórmula matemática do método exponencial de depreciação é dada pela Equação 5:

$$d_l = VC_{l-1} * \left(1 - \sqrt[N]{\frac{VC_n}{CA}} \right) \quad (5)$$

Sendo,

- d_l - Quota anual de depreciação
- CA - Custo de aquisição do Equipamento
- N - Tempo de vida correspondente a VC_n
- VC_n - Valor Residual do equipamento ao fim de n períodos de tempo
- l - anos; $l = 1,2,3 \dots n$
- V_n - Valor do equipamento, num período $n=1,2,3 \dots n$

O valor do equipamento, V_n , num período n menor que I é dado pela Equação 6:

$$V_n = CA - d_l \quad (6)$$

A fórmula básica do método exponencial de depreciação é dada pela Equação 7:

$$\text{Depreciação} = (\text{Valor Inicial} - \text{Valor Residual}) * \text{Taxa de Depreciação} \quad (7)$$

Onde:

- Valor Inicial - é o valor original do ativo.
- Valor Residual - é o valor estimado do ativo no final da vida útil.
- Taxa de Depreciação - é a taxa constante aplicada à diferença entre o Valor Inicial e o Valor Residual.

A taxa de depreciação é geralmente expressa como uma percentagem ou um fator decimal que pode ser determinada com base em diversos critérios, como a vida útil estimada do ativo, o método de depreciação escolhido pela empresa ou as práticas contabilísticas aplicáveis.

O método exponencial de depreciação assume que a depreciação ocorre de forma mais acelerada no início da vida útil do ativo e diminui progressivamente ao longo do tempo. Isso reflete o facto de que muitos ativos tendem a perder valor mais rapidamente nas fases iniciais de utilização.

A escolha do método de depreciação adequado depende das características do ativo, da legislação fiscal aplicável e das políticas contabilísticas adotadas pela empresa.

3.2 Modelos econométricos

Modelos econométricos são ferramentas matemáticas e estatísticas usadas para analisar e prever a relação entre variáveis económicas. Eles envolvem a aplicação de métodos estatísticos para dados económicos, a fim de fornecer uma base sólida para a tomada de decisões em economia e negócios.

Os modelos econométricos podem ser utilizados para análise de séries temporais, análise de regressão e para modelar a relação entre variáveis endógenas e exógenas. Alguns exemplos de modelos econométricos incluem:

- Modelo de regressão linear simples - Este modelo envolve a análise da relação entre duas variáveis, onde uma é considerada a variável dependente e a outra a variável independente. O objetivo é identificar o grau de relação entre as duas variáveis e usar essa informação para fazer previsões.
- Modelo de regressão linear múltipla - Este modelo envolve a análise da relação entre várias variáveis independentes e uma variável dependente; é usado para prever como uma mudança numa variável independente afetará a variável dependente.
- Modelos de séries temporais - Estes modelos são usados para prever tendências em séries temporais, como o comportamento do mercado de ações ou a procura por um produto ao longo do tempo.
- Modelos de séries temporais causais - Estes modelos incluem variáveis exógenas que podem afetar as séries temporais endógenas, e são usados para prever como essas variáveis afetarão o comportamento das séries temporais.

Os modelos econométricos são amplamente utilizados em muitos setores da economia, incluindo finanças, negócios e administração. São usados para prever mudanças económicas futuras, analisar a eficácia de políticas económicas e tomar decisões informadas sobre investimentos e estratégias empresariais.

Segundo Farinha (Farinha, 2011), os equipamentos podem seguir vários critérios para ser substituídos. Pela “vida útil”, método frequentemente utilizado, que define que a vida do equipamento termina quando os seus custos de manutenção ultrapassam os custos de manutenção mais os custos de amortização de capital de um equipamento novo equivalente.

Outro método, utilizado na vertente financeira, é o do “ciclo económico”, que permite determinar o período ótimo que minimiza os custos totais médios de manutenção, de imobilização e de operação de capital.

Todavia é possível, a partir dos valores de depreciação de mercado, poder passar-se à análise de substituição de equipamentos. Dever-se-á ter em consideração dois outros tipos de variáveis, que são:

- A taxa de capitalização, denominada por i
- A taxa de inflação, denominada por θ :

Estas taxas relacionam-se de forma a calcular a Taxa Aparente (i_A) – Equação 8:

$$i_A = i + \theta + i * \theta \quad (8)$$

Segundo Farinha (Farinha, 2011), existem diversos métodos para a determinação do ciclo económico de substituição de equipamentos. Os mais comuns são:

- Método da Renda Anual Uniforme (MRAU)
- Método de Minimização do Custo Médio Total (MMCMT)
- Método de Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente (MMCMT-RVP)

3.2.1 Método da Renda Anual Uniforme

O Método da Renda Anual Uniforme (MRAU) é uma técnica de avaliação de investimentos que considera o fluxo de caixa gerado por um ativo ao longo de sua vida útil. Este método é usado para determinar o valor presente de um ativo com base na renda anual uniforme que o ativo pode gerar.

O MRAU pressupõe que o fluxo de caixa gerado por um ativo permanecerá constante ao longo da sua vida útil. Para calcular o valor presente do ativo, o fluxo de caixa anual esperado é dividido pela taxa aparente, que representa o custo de oportunidade de investir noutra alternativa de investimento. Esse cálculo resulta no valor presente da renda anual uniforme.

O MRAU é mais adequado para ativos que geram fluxo de caixa constante e previsível ao longo do tempo, como imóveis arrendados ou títulos de renda fixa. Este método é menos adequado para ativos que geram fluxos de caixa variáveis, como ações ou projetos de investimento com resultados incertos.

O MRAU é uma ferramenta útil para avaliar investimentos de longo prazo e pode ajudar a determinar se um investimento é viável ou não. No entanto, é importante

lembrar que o MRAU é baseado em premissas e estimativas, e que os resultados podem mudar com base em mudanças nas condições do mercado e na economia.

Assim, para o cálculo do MRAU é necessário dispor dos seguintes dados:

- Custo de aquisição do equipamento
- Valores de Cessão (calculados de acordo com métodos expostos anteriormente)
- Custos de Manutenção e de Exploração ao longo dos anos
- Taxa Aparente (i_A)

O Valor Presente Líquido no ano n (VPL_n) é dado pela Equação 9:

$$VPL_n = CA + \sum_{j=0}^n \frac{CM_j + CO_j}{(1+i_A)^j} - \frac{V_n}{(1+i_A)^n} \quad (9)$$

Sendo,

- CA - Custo de aquisição do Equipamento
- CM_j - Custos de Manutenção no ano $j = 1, 2, 3 \dots n$
- CO_j - Custos de operação no ano $j = 1, 2, 3 \dots n$
- i_A - Taxa aparente
- V_n - Valor do equipamento, num período $n = 1, 2, 3 \dots N$

Sendo a Renda Anula Uniforme (RAU_n) calculada através das Equações 10 e 11:

$$RAU_n = \frac{i_A(1+i_A)^n}{(1+i_A)^{n-1}} * \left(CA + \sum_{j=0}^n \frac{CM_j + CO_j}{(1+i_A)^j} - \frac{V_n}{(1+i_A)^n} \right) \quad (10)$$

$$\Leftrightarrow RAU_n = \frac{i_A(1+i_A)^n}{(1+i_A)^{n-1}} * VPL_n \quad (11)$$

O menor valor RAU calculado indica qual o período respetivo (múltiplos do ano) em que o equipamento deve ser substituído. Este valor é equivalente a uma renda mínima que o equipamento custaria anualmente.

3.2.2 Método da Minimização do Custo Médio Total

O Método da Minimização do Custo Médio Total (MMCMT) é um conceito económico que se refere à estratégia de encontrar a combinação de fatores de produção que minimiza o custo médio total de produção de uma empresa. Este método é usado para determinar a quantidade ideal de inputs, como capital e trabalho, que devem ser utilizados na produção de bens ou serviços, de modo a minimizar os custos totais.

O MMCMT é calculado através da divisão do custo total pela quantidade produzida. Portanto, a empresa pode reduzir o seu custo médio total de produção ao produzir mais unidades, o que é conhecido como economia de escala. No entanto, há um ponto em que o custo médio total começa a aumentar novamente, devido a limitações de capacidade ou de eficiência.

O objetivo do MMCMT é encontrar o ponto em que a empresa pode produzir a quantidade desejada de bens ou serviços com o menor custo médio total. Isso é feito através da análise de diferentes combinações de fatores de produção e a comparação dos custos associados a cada uma delas.

Uma vez que a empresa determina a combinação de fatores de produção que minimizam o custo médio total, pode tomar decisões informadas sobre a alocação de recursos e os preços dos produtos. Isso pode levar ao incremento de lucros, tornando a empresa mais competitiva no seu mercado.

O MMCMT é uma importante ferramenta de gestão financeira e económica; é usado para tomar decisões informadas sobre a alocação de recursos, investimentos em novos projetos e estratégias de crescimento empresarial.

O MMCMT permite determinar o menor custo médio de posse do equipamento e o respetivo ano em que ocorre, que corresponde ao momento ótimo de substituição. Não são considerados os custos de capital e a taxa de inflação. O procedimento de cálculo é o seguinte (Equações 12-14):

$$C'_n = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (CM_j + CO_j) \quad (12)$$

$$C''_n = \frac{1}{n} (CA - V_n) \quad (13)$$

$$C_{n(MMCMT)} = C'_n + C''_n = \min_{n \in \{1, 2, \dots, N\}} \frac{1}{n} \left(CA - V_n + \sum_{j=1}^n (CM_j + CO_j) \right) \quad (14)$$

Sendo,

- CA - Custo de aquisição do Equipamento;
- CM_j - Custos de manutenção no ano $j = 1,2,3 \dots n$
- CO_j - Custos de operação no ano $j = 1,2,3 \dots n$
- V_n - Valor do equipamento, num período $n = 1,2,3 \dots N$
- n - Número de períodos, em anos, $n = 1,2,3 \dots N$
- $C_{n(MMCMT)}$ - Custo Médio Total

3.2.3 Método Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente

O Método de Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente (MMCMT – RVP) é uma técnica que combina as ideias de minimização de custo médio total e a análise de valor presente, para tomar decisões de investimentos de longo prazo.

O MMCMT - RVP é aplicado para avaliar projetos de investimento que exigem grandes investimentos iniciais, como a construção de uma nova fábrica ou a aquisição de novas máquinas, e que geram fluxos de caixa positivos ao longo do tempo. O objetivo é determinar a combinação ótima de fatores de produção que minimizam o custo médio total ao longo da vida útil do projeto, considerando a redução dos fluxos de caixa futuros para o valor presente.

Para utilizar o MMCMT - RVP é necessário determinar o fluxo de caixa futuro gerado pelo projeto, ao longo da sua vida útil. Em seguida, é necessário calcular o valor presente desses fluxos de caixa, usando uma taxa aparente que reflita o custo de oportunidade em investir em alternativas de investimento semelhantes.

Com o valor presente do fluxo de caixa estimado é possível determinar a combinação ótima de fatores de produção que minimizam o custo médio total ao longo da vida útil do projeto, considerando a redução dos fluxos de caixa futuros para o valor presente.

O MMCMT - RVP é uma técnica importante para a tomada de decisões informadas sobre investimentos de longo prazo; permite que as empresas analisem diferentes alternativas de investimento, avaliem os fluxos de caixa gerados por cada alternativa ao longo do tempo, e determinem a combinação de fatores de produção que minimizam o custo médio total e maximizam o valor presente líquido do projeto.

No MMCMT – RVP, o procedimento de cálculo é idêntico ao anterior, com a exceção de que aqui são considerados os custos de capital e a taxa de inflação. Os

diversos valores de manutenção e de cessão, ao longo dos anos, são reduzidos ao seu valor presente, de acordo com o procedimento que se segue (Equações 15-17):

$$C'_n = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{CM_j + CO_j}{(1+i_A)^j} \right) \quad (15)$$

$$C''_n = \frac{1}{n} \left(CA - \frac{V_n}{(1+i_A)^n} \right) \quad (16)$$

$$\begin{aligned} C_{n(MMCMT-RVP)} &= C'_n + C''_n \\ &= \min_{n \in \{1,2,\dots,N\}} \frac{1}{n} \left(CA - \frac{V_n}{(1+i_A)^n} + \sum_{j=1}^n \left(\frac{CM_j + CO_j}{(1+i_A)^j} \right) \right) \end{aligned} \quad (17)$$

Sendo,

- CA - Custo de aquisição do Equipamento;
- CM_j - Custos de Manutenção no ano $j = 1,2,3 \dots n$
- CO_j - Custos de operação no ano $j = 1,2,3 \dots n$
- V_n - Valor do equipamento, num período $n = 1,2,3 \dots N$
- i_A - Taxa aparente
- n - Número de anos $n = 1,2,3 \dots N$
- $C_{n(MMCMT-RVP)}$ - Custo Médio Total c/ Redução ao Valor Presente

3.3 Lógica Difusa

A lógica difusa, também conhecida como lógica fuzzy, é uma extensão da lógica tradicional que permite o tratamento de informação imprecisa ou vaga. Enquanto a lógica clássica é baseada na lógica binária, em que as proposições são verdadeiras ou falsas (0 ou 1), a lógica difusa é lida com graus de pertença ou veracidade numa escala contínua entre 0 e 1.

Na lógica difusa os valores podem variar de "completamente falso" a "completamente verdadeiro" e podem assumir valores intermédios que representam graus de pertença. Esses valores intermédios são denominados "valores difusos" ou "números difusos".

Uma componente fundamental da lógica difusa é o conjunto difuso, que associa a cada elemento de um conjunto um grau de pertença. Por exemplo, podemos ter um conjunto difuso chamado "altura alta" em que a cada altura é atribuído um valor difuso entre 0 e 1, o que indica o quão "alto" um objeto é.

A lógica difusa é útil para lidar com problemas que envolvem ambiguidade, incerteza ou imprecisão, como sistemas de controlo, tomada de decisões e reconhecimento de padrões. Esta lógica permite que regras linguísticas sejam aplicadas a variáveis linguísticas, tornando possível modelar e lidar com a imprecisão presente na linguagem humana.

Sendo a lógica fuzzy uma abordagem que lida com a incerteza e a imprecisão nos dados e nas decisões, esta pode ser aplicada para calcular o risco de falha de um equipamento, seguindo o método:

1. Identificar as variáveis relevantes - Determinar quais os fatores que podem influenciar o risco de falha do equipamento; por exemplo, a idade do equipamento, a frequência de manutenção, a condição operacional, a temperatura, entre outros.
2. Definir as funções de pertença- Para cada variável identificada é necessário definir as funções de pertença que descrevem a relação entre os valores dessa variável e a sua importância para o risco de falha; por exemplo, pode haver funções de pertença, como "baixo", "médio" e "alto" para a idade do equipamento.
3. Criar regras fuzzy - Com base no conhecimento especializado ou na informação disponível é necessário estabelecer regras que relacionem as variáveis de entrada com o risco de falha. Exemplo de uma regra: "Se a idade do equipamento for alta E a frequência de manutenção for baixa, então o risco de falha é alto."
4. Realizar a inferência fuzzy - Aplicar as regras fuzzy para obter o risco de falha de acordo com os valores das variáveis de entrada. Isso pode ser feito usando operações de lógica fuzzy, como "E" (AND) e "OU" (OR) e técnicas de inferência, como a de Mamdani.
5. Desfuzzificar o resultado - Converter o resultado fuzzy num valor numérico que represente o risco de falha do equipamento. Existem várias técnicas de desfuzzificação disponíveis, como o método do centro de gravidade.
6. Interpretar e validar os resultados - Analisar o resultado numérico obtido e interpretá-lo de acordo com o contexto do problema. Validar os resultados comparando-os com dados reais ou com a opinião de especialistas.

É importante sublinhar que a aplicação da lógica fuzzy para calcular o risco de falha de um equipamento requer conhecimento especializado e uma compreensão adequada dos fatores envolvidos. Além disso, os resultados obtidos serão tão bons

quanto as regras e as funções de pertença definidas, portanto, é fundamental realizar um bom trabalho na etapa de modelação.

3.4 Modelo Económico de Substituição – Indicador Financeiro

No decorrer deste projeto foram desenvolvidos novos modelos económicos de substituição de equipamentos, traduzidos em equações e sistemas de equações, visando a determinação do momento mais racional para substituição de equipamentos.

Os novos modelos económicos de substituição consideram, e integram, os indicadores de desempenho atrás descritos, bem como modelos económicos de substituição tradicionais, formando, na sua versão integrada, um conjunto de sistemas de equações.

3.4.1 Retorno do Investimento (ROI)

O Retorno do Investimento (ROI, do inglês Return on Investment) é um indicador financeiro utilizado para avaliar a eficiência e a lucratividade de um investimento. Este indicador mede o retorno ou o lucro obtido em relação ao custo do investimento realizado.

Neste projeto é utilizado o ROI variável, em valor absoluto, que corresponde à seguinte fórmula:

$$ROI = \sum_{j=0}^n \frac{CF_j}{(1+i_A)^j} - CA \quad (18)$$

O resultado do cálculo é expresso como um valor percentual ou como uma proporção. Assim, um ROI positivo indica que o investimento trouxe lucro, enquanto um ROI negativo indica que houve prejuízo.

4 CASO DE ESTUDO

Neste capítulo iremos abordar os modelos de substituição, com recurso a dados reais cedidos pela INOVA, o que permitirá calcular o ciclo de vida da Central da Fervença.

A Central da Fervença foi escolhida por se considerar o “coração” da Inova. Esta captação abastece de água todo o concelho de Cantanhede e ainda garante o abastecimento de parte de três concelhos limítrofes: Coimbra, Mira e Montemor-o-Velho.

Inicia-se o estudo com o levantamento dos dados cedidos pela INOVA respeitantes aos custos e investimentos imputados à Central da Fervença, desde 2008 até 2022, para a análise do LCC (*Life Cycle Cost*) e posterior LCI (*Life Cycle Investment*).

De forma a garantir a robustez dos cálculos efetuou-se, com base nos dados, o cálculo os três modelos de substituição definidos no Capítulo 3 através dos três métodos de depreciação de ativos.

4.1 Modelos de Substituição – Influência das variáveis endógenas e exógenas

Nesta secção são abordados os métodos para a determinação do ciclo económico de substituição de ativos, neste caso da Central da Fervença.

Esta secção divide-se em sete secções:

- i. Na primeira secção será apresentada a depreciação do valor do ativo ao longo do tempo sem influência da taxa aparente;
- ii. Nesta segunda parte é utilizada uma Taxa Aparente (i_A) constante com demonstração do seu efeito ao longo do ciclo de vida dos equipamentos. Para o efeito, considerou-se uma taxa aparente de 8%.
- iii. Na terceira parte é calculada a Taxa Aparente (i_A) anual e demonstra-se o seu efeito ao longo do ciclo de vida da Central da Fervença. Para este cálculo recorreu-se ao site www.pordata.pt para consultar os valores da taxa de capitalização e de inflação anual.
- iv. Nesta quarta parte é calculada a Taxa Aparente (i_A) anual com a introdução da variável Risco e demonstra-se o seu efeito ao longo do ciclo de vida dos equipamentos em análise.
- v. Na quinta parte é analisado o modelo com base numa Taxa Aparente (i_A) constante, mas com a adição do valor do investimento no equipamento ao

Valor do Equipamento (V_n). Para o efeito, considerou-se uma taxa aparente de 8%.

- vi. Nesta sexta parte é calculada a Taxa Aparente (i_A) anual, mas com a adição do valor do investimento no equipamento ao Valor do Equipamento (V_n). Para este cálculo recorreu-se ao site www.pordata.pt para consultar os valores da taxa de capitalização e de inflação anual.
- vii. Na sétima parte é calculada a Taxa Aparente (i_A) anual com a introdução da variável Risco e com a adição do valor do investimento no equipamento ao Valor do Equipamento (V_n).

Em nenhuma das fases é abordado o Método da Minimização do Custo Médio Total, devido a este não ter em consideração a taxa aparente, isto é, não considerar os custos de capital e a taxa de inflação.

4.1.1 Depreciação do valor do ativo

Antes da introdução dos modelos de substituição é necessário compreender como varia o valor do ativo de acordo com cada método de depreciação utilizado e como varia com a integração do investimento no valor do ativo.

4.1.1.1 Depreciação do valor do ativo (sem investimento)

Nesta primeira análise não se considerou o investimento realizado no ativo ao longo do tempo. Considerou-se a adjudicação do mesmo e a sua respetiva desvalorização ao longo do tempo (Tabela 1).

Tabela 1 - Depreciação do valor do ativo

		Métodos de Depreciação		
Ano j		Método Linear	Método Soma Dígitos	Método Exponencial
2008	1	42 259 019,16 €	41 841 603,13 €	40 176 416,88 €
2009	2	41 833 170,48 €	41 006 771,07 €	37 815 379,42 €
2010	3	41 407 321,80 €	40 180 371,65 €	35 593 092,47 €
2011	4	40 981 473,13 €	39 362 404,88 €	33 501 402,10 €
2012	5	40 555 624,45 €	38 552 870,76 €	31 532 633,57 €
2013	6	40 129 775,77 €	37 751 769,29 €	29 679 563,17 €
2014	7	39 703 927,09 €	36 959 100,46 €	27 935 391,70 €
2015	8	39 278 078,41 €	36 174 864,28 €	26 293 719,51 €
2016	9	38 852 229,73 €	35 399 060,75 €	24 748 523,07 €
2017	10	38 426 381,06 €	34 631 689,86 €	23 294 132,80 €
2018	11	38 000 532,38 €	33 872 751,62 €	21 925 212,31 €
2019	12	37 574 683,70 €	33 122 246,03 €	20 636 738,84 €
2020	13	37 148 835,02 €	32 380 173,09 €	19 423 984,77 €
2021	14	36 722 986,34 €	31 646 532,79 €	18 282 500,31 €
2022	15	36 297 137,66 €	30 921 325,14 €	17 208 097,18 €

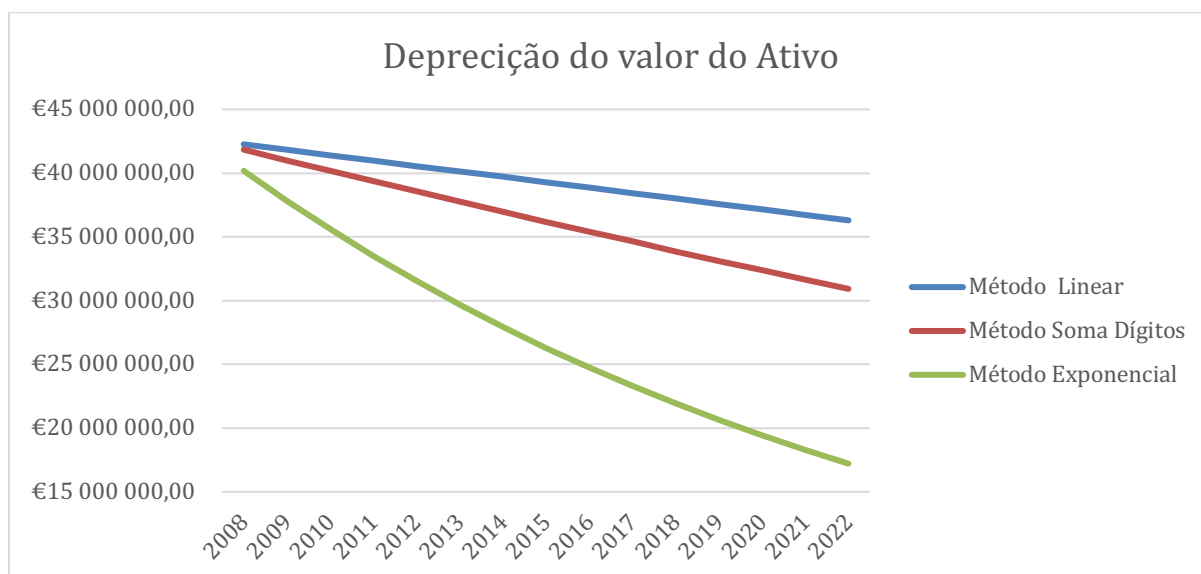


Figura 3 - Depreciação do valor do ativo

Com recurso à Tabela 1 e Figura 3 é possível identificar como varia o valor do ativo de acordo com o método de depreciação utilizado. Ao se escolher o método exponencial, o valor do ativo será menor em menos tempo que se for escolhido outro método de depreciação.

4.1.1.2 Depreciação do valor do ativo (com investimento)

Nesta segunda análise considerou-se a adjudicação do ativo, a sua respetiva desvalorização e o investimento realizado ao longo do tempo (Tabela 2).

Tabela 2 - Depreciação do valor do ativo c/ investimento

		Métodos de Depreciação		
Ano j		Método Linear	Método Soma Dígitos	Método Exponencial
2008	1	42 262 051,02 €	41 844 634,99 €	40 179 448,74 €
2009	2	41 838 046,74 €	41 854 912,04 €	37 820 255,68 €
2010	3	41 414 628,02 €	41 865 774,64 €	35 600 398,69 €
2011	4	40 987 326,13 €	41 872 754,07 €	33 507 255,10 €
2012	5	40 555 624,45 €	41 875 333,72 €	31 532 633,57 €
2013	6	40 141 939,94 €	41 895 930,54 €	29 691 727,34 €
2014	7	39 726 091,99 €	41 914 363,91 €	27 957 556,60 €
2015	8	39 290 710,68 €	41 913 263,93 €	26 306 351,78 €
2016	9	38 852 882,33 €	41 909 716,91 €	24 749 175,67 €
2017	10	38 426 743,06 €	41 917 858,95 €	23 294 494,80 €
2018	11	38 001 188,38 €	41 926 585,60 €	21 925 868,31 €
2019	12	38 937 010,77 €	43 296 689,32 €	21 999 065,91 €
2020	13	37 153 219,53 €	41 947 179,41 €	19 428 369,28 €
2021	14	36 832 337,82 €	42 060 579,02 €	18 391 851,79 €
2022	15	36 297 137,66 €	41 959 660,19 €	17 208 097,18 €



Figura 4 - Depreciação do valor do ativo c/ investimento

Neste caso, com recurso à Tabela 2 e Figura 4 é possível identificar como varia o valor do ativo de acordo com o método de depreciação utilizado e a influencia do investimento. Continua a ser o método exponencial, o método que mais desvaloriza o ativo. Verifica-se que o método da soma de dígitos se comporta de forma diferente quando se introduz o valor do investimento.

É importante realçar que no ano de 2019 a Central da Fervença sofreu uma reformulação que a reverteu ao estado de “como nova”. Este investimento ascendeu a 1.3 M€ e incidiu em obras estruturais, aquisição de novas bombas de águas, reformulação dos reservatórios e aquisição de painéis solares de produção de energia.

4.1.2 Modelos de substituição – Taxa Aparente Constante

4.1.2.1 Aplicação do Método da Renda Anual Uniforme (MRAU)

Nesta seção apresenta-se o caso de determinação do ciclo de substituição da Central da Fervença, com valores de aquisição, manutenção e exploração reais, sendo considerada uma taxa aparente constante de 8%. O método utilizado é o da Renda Anual Uniforme.

Tabela 3 - MRAU taxa aparente constante

Ano j	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	Vn [€]			VPL [€ Ano 0]			MRAU [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	8%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	42 259 019,16 €	41 841 603,13 €	40 176 416,88 €	42 842 377,91 €	42 842 377,91 €	42 842 377,91 €	53 848 018,79 €	59 452 215,50 €	81 808 882,80 €
2009	2	8%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	41 833 170,48 €	41 006 771,07 €	37 815 379,42 €	42 853 610,24 €	42 853 610,24 €	42 853 610,24 €	52 345 872,79 €	57 652 842,50 €	78 147 313,41 €
2010	3	8%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	41 407 321,80 €	40 180 371,65 €	35 593 092,47 €	42 825 417,32 €	42 825 417,32 €	42 825 417,32 €	51 352 137,45 €	56 376 431,90 €	75 161 091,80 €
2011	4	8%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	40 981 473,13 €	39 362 404,88 €	33 501 402,10 €	42 834 422,31 €	42 834 422,31 €	42 834 422,31 €	50 795 538,43 €	55 550 949,86 €	72 765 468,02 €
2012	5	8%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	40 555 624,45 €	38 552 870,76 €	31 532 633,57 €	42 833 992,89 €	42 833 992,89 €	42 833 992,89 €	50 285 006,22 €	54 784 623,93 €	70 557 099,51 €
2013	6	8%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	40 129 775,77 €	37 751 769,29 €	29 679 563,17 €	42 843 408,13 €	42 843 408,13 €	42 843 408,13 €	49 860 276,27 €	54 116 537,25 €	68 564 528,09 €
2014	7	8%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	39 703 927,09 €	36 959 100,46 €	27 935 391,70 €	42 809 325,68 €	42 809 325,68 €	42 809 325,68 €	49 361 072,44 €	53 385 806,75 €	66 617 254,56 €
2015	8	8%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	39 278 078,41 €	36 174 864,28 €	26 293 719,51 €	42 815 941,23 €	42 815 941,23 €	42 815 941,23 €	49 003 852,02 €	52 808 323,52 €	64 922 387,22 €
2016	9	8%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	38 852 229,73 €	35 399 060,75 €	24 748 523,07 €	42 805 061,43 €	42 805 061,43 €	42 805 061,43 €	48 633 236,23 €	52 228 179,06 €	63 315 986,88 €
2017	10	8%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	38 426 381,06 €	34 631 689,86 €	23 294 132,80 €	42 801 612,33 €	42 801 612,33 €	42 801 612,33 €	48 302 789,98 €	51 698 441,38 €	61 843 770,64 €
2018	11	8%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	38 000 532,38 €	33 872 751,62 €	21 925 212,31 €	42 786 944,05 €	42 786 944,05 €	42 786 944,05 €	47 972 692,63 €	51 178 822,46 €	60 458 715,07 €
2019	12	8%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	37 574 683,70 €	33 122 246,03 €	20 636 738,84 €	42 770 201,31 €	42 770 201,31 €	42 770 201,31 €	47 659 916,72 €	50 685 854,03 €	59 171 174,87 €
2020	13	8%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	37 148 835,02 €	32 380 173,09 €	19 423 984,77 €	42 768 842,89 €	42 768 842,89 €	42 768 842,89 €	47 391 221,16 €	50 245 878,27 €	58 001 822,32 €
2021	14	8%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	36 722 986,34 €	31 646 532,79 €	18 282 500,31 €	42 760 407,21 €	42 760 407,21 €	42 760 407,21 €	47 126 534,39 €	49 818 428,62 €	56 904 982,54 €
2022	15	8%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	36 297 137,66 €	30 921 325,14 €	17 208 097,18 €	42 817 878,22 €	42 817 878,22 €	42 817 878,22 €	46 975 372,69 €	49 512 646,11 €	55 985 008,86 €

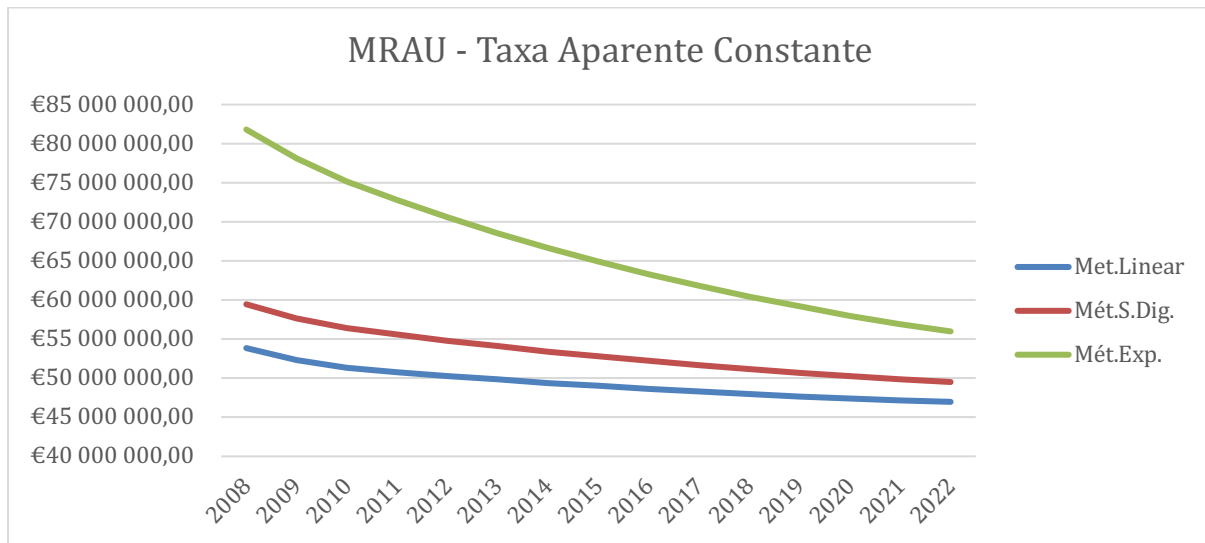


Figura 5 - MRAU taxa aparente constante

Pode constatar-se, através da Tabela 3 e da Figura 5, que a renda anual uniforme segue valores relativamente lineares, isto é, não existe uma variação muito acentuada dos valores, como quando se utilizam os custos de capital e as taxas de inflação reais, existindo, neste caso, uma variação da taxa aparente. Tal situação leva a concluir que é mais fácil para o decisor definir o momento mais adequado para a substituição do equipamento, pois existe um só ponto onde a renda anual uniforme é mínima, e este ponto está bem definido, levando a que o decisor não vacile. Todavia, recorda-se que se está a admitir uma taxa aparente constante, o que, na realidade não acontece ao longo dos anos, o que pode levar, consequentemente, a uma decisão menos realista.

4.1.2.2 Aplicação do Método da Minimização do Custo Médio Total c/ Redução ao Valor Presente (MMCMT-RVP)

Como já referido anteriormente, decidiu-se também estudar e apresentar o cálculo do ciclo económico de substituição da Central Fervença, segundo o Método da Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente, utilizando os dados da seção anterior.

Tabela 4 - MMCMT-RVP taxa aparente constante

Ano j	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ ¹ [€]	C' [€]			C'' [€ Ano 0]			MMCMT-RVP [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	8%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	157 510,07 €	157 510,07 €	157 510,07 €	3 556 146,39 €	3 942 642,72 €	5 641 991,92 €	3 713 656,47 €	4 100 152,79 €	5 641 991,92 €
2009	2	8%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	120 940,64 €	120 940,64 €	120 940,64 €	3 409 833,40 €	3 402 603,77 €	5 253 078,16 €	3 530 774,04 €	3 523 544,40 €	5 253 078,16 €
2010	3	8%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	96 243,70 €	96 243,70 €	96 243,70 €	3 271 466,93 €	3 152 088,68 €	4 906 218,19 €	3 367 710,63 €	3 248 332,38 €	4 906 218,19 €
2011	4	8%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	81 529,93 €	81 529,93 €	81 529,93 €	3 140 565,42 €	2 977 861,43 €	4 596 614,23 €	3 222 095,35 €	3 059 391,36 €	4 596 614,23 €
2012	5	8%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	71 188,95 €	71 188,95 €	71 188,95 €	3 016 678,26 €	2 837 043,87 €	4 316 046,40 €	3 087 867,20 €	2 908 232,81 €	4 316 046,40 €
2013	6	8%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	63 728,02 €	63 728,02 €	63 728,02 €	2 899 383,67 €	2 715 165,07 €	4 060 679,45 €	2 963 111,69 €	2 778 893,09 €	4 060 679,45 €
2014	7	8%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	57 163,97 €	57 163,97 €	57 163,97 €	2 788 286,82 €	2 605 881,73 €	3 826 426,13 €	2 845 450,79 €	2 663 045,70 €	3 826 426,13 €
2015	8	8%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	52 066,50 €	52 066,50 €	52 066,50 €	2 683 018,03 €	2 505 907,54 €	3 611 965,16 €	2 735 084,53 €	2 557 974,04 €	3 611 965,16 €
2016	9	8%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	47 765,20 €	47 765,20 €	47 765,20 €	2 583 231,12 €	2 413 322,41 €	3 414 925,73 €	2 630 996,32 €	2 461 087,61 €	3 414 925,73 €
2017	10	8%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	44 156,13 €	44 156,13 €	44 156,13 €	2 488 601,84 €	2 326 895,62 €	3 233 673,85 €	2 532 757,96 €	2 371 051,75 €	3 233 673,85 €
2018	11	8%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	40 985,54 €	40 985,54 €	40 985,54 €	2 398 826,44 €	2 245 777,75 €	3 066 578,27 €	2 439 811,98 €	2 286 763,29 €	3 066 578,27 €
2019	12	8%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	38 162,67 €	38 162,67 €	38 162,67 €	2 313 620,33 €	2 169 346,30 €	2 912 307,25 €	2 351 783,00 €	2 207 508,97 €	2 912 307,25 €
2020	13	8%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	35 723,97 €	35 723,97 €	35 723,97 €	2 232 716,79 €	2 097 122,25 €	2 769 778,51 €	2 268 440,77 €	2 132 846,22 €	2 769 778,51 €
2021	14	8%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	33 557,67 €	33 557,67 €	33 557,67 €	2 155 865,83 €	2 028 722,09 €	2 637 871,15 €	2 189 423,50 €	2 062 279,75 €	2 637 871,15 €
2022	15	8%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	31 911,65 €	31 911,65 €	31 911,65 €	2 082 833,09 €	1 963 828,87 €	2 515 922,18 €	2 114 744,73 €	1 995 740,51 €	2 515 922,18 €

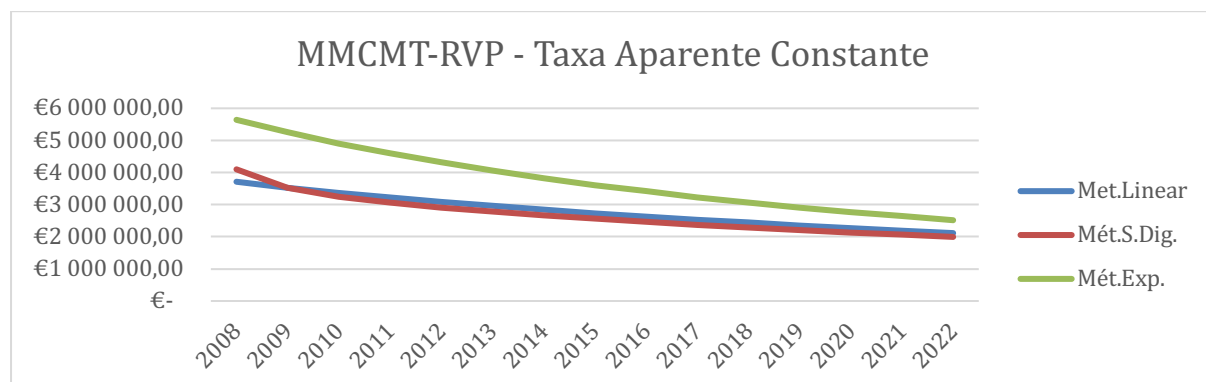


Figura 6 - MMCMT-RVP taxa aparente constante

Pode constatar-se, na Tabela 4 e na Figura 6, que não se atinge o menor custo médio de posse do equipamento e não é evidente o período em que ocorre. Este deveria corresponder ao momento mais racional de substituição, visto que o custo médio de posse continua a decrescer e não existe uma inversão na trajetória do custo de posse.

4.1.3 Modelos de Substituição – Taxa Aparente Anual

Nesta secção são abordados os modelos anteriores com a influência da Taxa Aparente na determinação do ciclo económico de substituição da Central da Fervença, no sentido de estudar o seu efeito ao longo do seu ciclo de vida.

4.1.3.1 Aplicação do Método da Renda Anual Uniforme

No exemplo seguinte é apresentado o cálculo da substituição da Central da Fervença com recurso ao Método da Renda Anual Uniforme utilizando a Taxa Aparente anual.

Tabela 5 - MRAU taxa aparente anual

Ano	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	Vn [€]			VPL [€ Ano 0]			MRAU [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	9%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	42 259 019,16 €	41 841 603,13 €	40 176 416,88 €	42 840 285,99 €	42 840 285,99 €	42 840 285,99 €	46 683 655,56 €	58 016 850,18 €	77 152 371,07 €
2009	2	4%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	41 833 170,48 €	41 850 035,78 €	37 815 379,42 €	42 867 078,80 €	42 867 078,80 €	42 867 078,80 €	97 759 323,90 €	57 573 192,19 €	109 723 032,46 €
2010	3	6%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	41 407 321,80 €	41 858 468,42 €	35 593 092,47 €	42 833 253,39 €	42 833 253,39 €	42 833 253,39 €	64 660 610,64 €	50 312 495,14 €	84 392 308,16 €
2011	4	10%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	40 981 473,13 €	41 866 901,07 €	33 501 402,10 €	42 823 226,77 €	42 823 226,77 €	42 823 226,77 €	42 421 919,95 €	47 942 710,64 €	66 943 428,78 €
2012	5	9%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	40 555 624,45 €	41 875 333,72 €	31 532 633,57 €	42 826 414,38 €	42 826 414,38 €	42 826 414,38 €	45 545 088,12 €	47 190 926,61 €	67 178 028,66 €
2013	6	6%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	40 129 775,77 €	41 883 766,37 €	29 679 563,17 €	42 863 873,96 €	42 863 873,96 €	42 863 873,96 €	63 453 383,91 €	47 161 674,10 €	78 512 354,89 €
2014	7	5%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	39 703 927,09 €	41 892 199,01 €	27 935 391,70 €	42 841 025,60 €	42 841 025,60 €	42 841 025,60 €	75 889 868,20 €	46 949 262,12 €	86 363 086,49 €
2015	8	4%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	39 278 078,41 €	41 900 631,66 €	26 293 719,51 €	42 857 848,38 €	42 857 848,38 €	42 857 848,38 €	77 713 710,93 €	46 628 968,58 €	86 596 540,17 €
2016	9	4%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	38 852 229,73 €	41 909 064,31 €	24 748 523,07 €	42 856 940,27 €	42 856 940,27 €	42 856 940,27 €	84 751 520,53 €	46 473 255,40 €	90 945 227,73 €
2017	10	4%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	38 426 381,06 €	41 917 496,95 €	23 294 132,80 €	42 852 408,99 €	42 852 408,99 €	42 852 408,99 €	76 797 809,27 €	45 944 756,47 €	83 892 424,99 €
2018	11	3%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	38 000 532,38 €	41 925 929,60 €	21 925 212,31 €	42 849 034,40 €	42 849 034,40 €	42 849 034,40 €	87 610 555,02 €	45 964 980,11 €	91 486 396,89 €
2019	12	3%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	37 574 683,70 €	41 934 362,25 €	20 636 738,84 €	42 843 030,75 €	42 843 030,75 €	42 843 030,75 €	107 792 886,13 €	46 240 761,96 €	106 758 265,88 €
2020	13	2%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	37 148 835,02 €	41 942 794,90 €	19 423 984,77 €	42 861 413,43 €	42 861 413,43 €	42 861 413,43 €	130 650 189,88 €	46 701 190,15 €	124 584 191,46 €
2021	14	3%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	36 722 986,34 €	41 951 227,54 €	18 282 500,31 €	42 824 627,96 €	42 824 627,96 €	42 824 627,96 €	83 662 927,38 €	45 248 019,58 €	86 384 692,42 €
2022	15	11%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	36 297 137,66 €	41 959 660,19 €	17 208 097,18 €	42 776 575,12 €	42 776 575,12 €	42 776 575,12 €	40 968 119,30 €	44 004 545,81 €	51 038 376,81 €

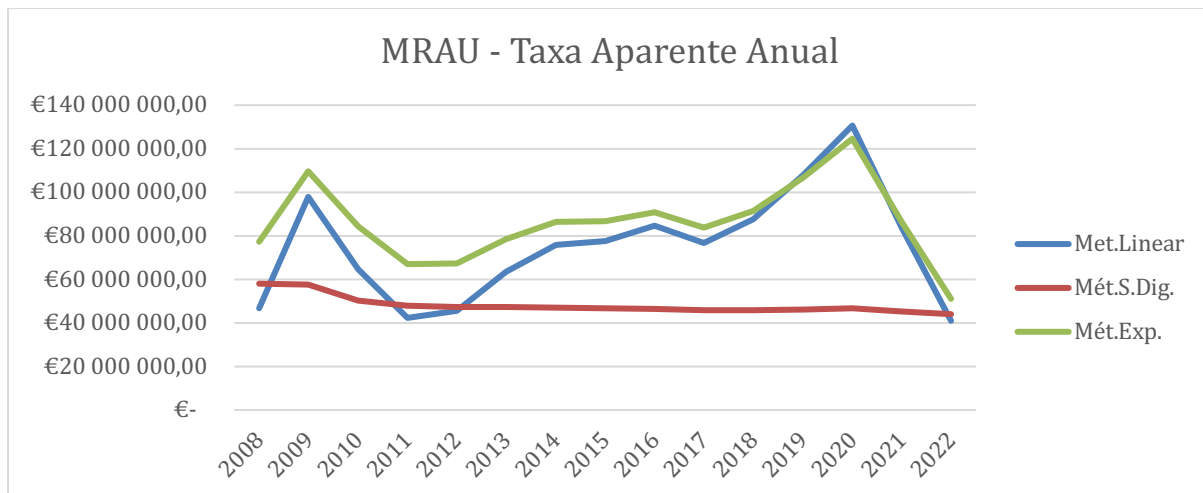


Figura 7 - MRAU taxa aparente anual

Pode constatar-se, na Tabela 5 e na Figura 7, que existem variações acentuadas com a variação da taxa aparente. Isto é, existe uma relação de que quando a taxa aparente sobe o valor da Renda Anual Uniforme decresce e vice-versa.

4.1.3.2 Aplicação do Método da Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente

Tal como na seção precedente, agora é apresentado o cálculo do valor referente à substituição da Central da Fervença com recurso ao Método da Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente, utilizando a Taxa Aparente anual.

Tabela 6 - MMCMT-RVP taxa parente anual

Ano j	i _A [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	C [€]			C' [€ Ano 0]			MMCMT-RVP [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	9%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	155 418,15 €	155 418,15 €	155 418,15 €	4 075 824,12 €	4 457 187,30 €	5 978 548,90 €	4 231 242,27 €	4 612 605,45 €	6 133 967,04 €
2009	2	4%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	123 261,81 €	123 261,81 €	123 261,81 €	1 978 501,75 €	1 970 695,06 €	3 838 275,53 €	2 101 763,56 €	2 093 956,88 €	3 961 537,34 €
2010	3	6%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	98 661,82 €	98 661,82 €	98 661,82 €	2 660 590,58 €	2 534 556,63 €	4 284 874,65 €	2 759 252,40 €	2 633 218,46 €	4 383 536,47 €
2011	4	10%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	82 643,80 €	82 643,80 €	82 643,80 €	3 704 304,36 €	3 553 780,26 €	4 975 927,78 €	3 786 948,16 €	3 636 424,06 €	5 058 571,58 €
2012	5	9%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	71 776,90 €	71 776,90 €	71 776,90 €	3 297 218,75 €	3 126 713,35 €	4 462 982,08 €	3 368 995,65 €	3 198 490,25 €	4 534 758,98 €
2013	6	6%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	64 786,48 €	64 786,48 €	64 786,48 €	2 355 303,70 €	2 147 304,47 €	3 594 555,57 €	2 420 090,18 €	2 212 090,95 €	3 659 342,04 €
2014	7	5%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	58 718,16 €	58 718,16 €	58 718,16 €	1 945 330,62 €	1 716 466,21 €	3 176 164,36 €	2 004 048,78 €	1 775 184,37 €	3 234 882,52 €
2015	8	4%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	54 081,21 €	54 081,21 €	54 081,21 €	1 834 924,37 €	1 601 187,61 €	2 992 163,74 €	1 889 005,58 €	1 655 268,83 €	3 046 244,95 €
2016	9	4%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	50 196,54 €	50 196,54 €	50 196,54 €	1 651 118,16 €	1 407 872,22 €	2 773 412,90 €	1 701 314,70 €	1 458 068,76 €	2 823 609,44 €
2017	10	4%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	46 852,30 €	46 852,30 €	46 852,30 €	1 714 156,49 €	1 482 090,32 €	2 720 047,73 €	1 761 008,79 €	1 528 942,62 €	2 766 900,03 €
2018	11	3%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	43 949,74 €	43 949,74 €	43 949,74 €	1 497 597,18 €	1 251 452,88 €	2 505 609,42 €	1 541 546,93 €	1 295 402,63 €	2 549 559,16 €
2019	12	3%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	41 385,62 €	41 385,62 €	41 385,62 €	1 252 373,08 €	984 965,70 €	2 291 287,18 €	1 293 758,70 €	1 026 351,32 €	2 332 672,80 €
2020	13	2%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	39 246,76 €	39 246,76 €	39 246,76 €	1 074 431,55 €	789 363,32 €	2 128 422,76 €	1 113 678,31 €	828 610,08 €	2 167 669,52 €
2021	14	3%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	37 156,48 €	37 156,48 €	37 156,48 €	1 396 625,20 €	1 161 388,58 €	2 226 326,33 €	1 433 781,68 €	1 198 545,06 €	2 263 482,81 €
2022	15	11%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	35 086,97 €	35 086,97 €	35 086,97 €	2 319 709,56 €	2 237 659,18 €	2 596 311,21 €	2 354 796,53 €	2 272 746,15 €	2 631 398,18 €

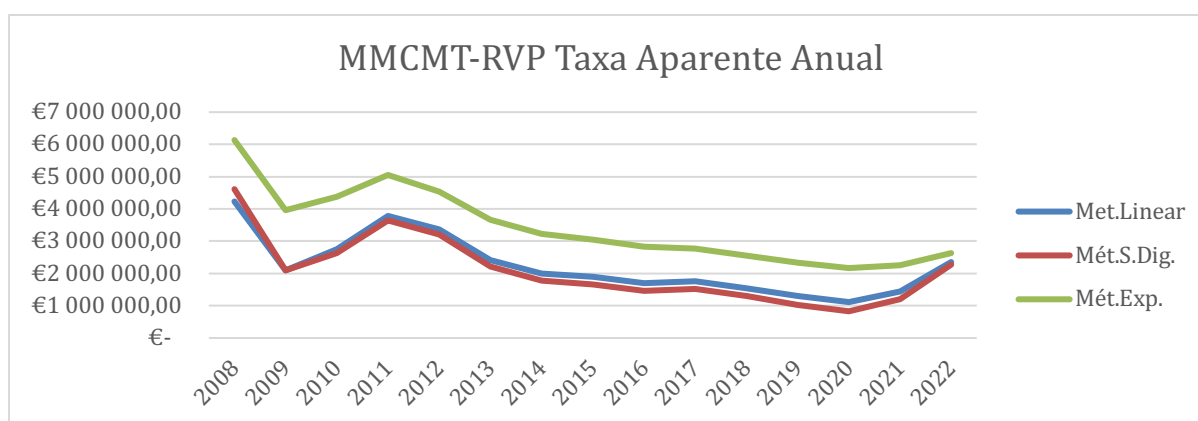


Figura 8 - MMCMT-RPV taxa aparente anual

Pode constatar-se, na Tabela 6 e na Figura 8, que se verifica um ponto mínimo no ano de 2020. Este deve corresponder ao momento mais racional de substituição, visto que existe uma inversão na trajetória do custo de posse.

4.1.4 Influência da Taxa de Risco

A Taxa de Risco é um valor cada vez mais relevante nos modelos de cálculo do ciclo de vida de ativos.

Embora não sendo inequívoca a forma de integrar a Taxa de Risco nos modelos de cálculo do ciclo de vida, no presente projeto considerou-se que a abordagem mais adequada seria a de incorporar a Taxa de risco no cálculo da taxa aparente (Equação 19):

$$(1 + i_A) = (1 + \theta) * (1 + i) * (1 + r) \tag{19}$$

Sendo,

- i_A – Taxa aparente;
- θ – Taxa de inflação;
- i – Taxa de capitalização;
- r – Taxa de risco.

4.1.4.1 Determinação da Taxa de Risco

Considerando que a taxa de risco é de difícil mensuração, recorreu-se a uma abordagem *fuzzy* para a sua quantificação.

Primeiro começou-se pela identificação das variáveis relevantes que podem influenciar o risco de falha da central: assoreamento e seca.

Após a identificação das variáveis, foram definidas as funções de pertença e a criação das regras de *fuzzificação*:

- I. **Se** o assoreamento é alto **ou** a seca é elevada, **então** o risco de falta de água é **alto**;
- II. **Se** o assoreamento é alto **ou** a seca é baixa, **então** o risco de falta de água é **normal**;
- III. **Se** o assoreamento é baixo **e** a seca é baixa, **então** o risco de falta de água é **baixo**;
- IV. **Se** o assoreamento é alto **e** a seca é elevada, **então** o risco de falta de água é **alto**.

De forma a aplicar as regras foram inquiridas algumas pessoas na Inova com relevo e sensibilizadas para a importância da Central da Fervença na empresa. Assim, resultou a seguinte síntese de dados (Tabela 7):

Tabela 7 - Dados para o cálculo da taxa de risco

	Risco de Assoreamento	Risco de Seca
Média	30%	24%
Valor mais alto	80%	50%
Valor mais baixo	10%	5%

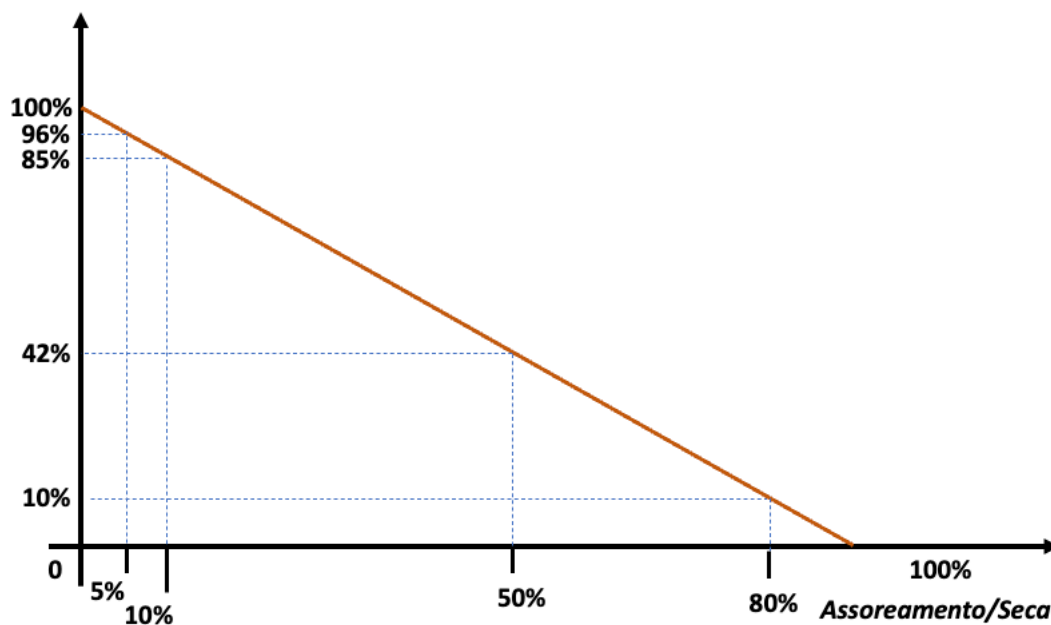


Figura 9 - Fuzzição para o cálculo do risco

O Resultado das inferências e cálculo do risco é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Cálculo do valor do risco

Função de Pertença	Valor referente ao Assoreamento	Valor referente à Seca	Valor afeto à função
I	10%	42%	42%
II	10%	96%	96%
III	85%	96%	85%
IV	10%	42%	10%

$$R = \frac{(0,8+0,5)*0,42+(0,8+0,05)*0,96+(0,1+0,05)*0,85+(0,8+0,5)*0,1}{0,42+0,42+0,96+0,96+0,85+0,85+0,1+0,1}$$

$$R \approx 0,35$$

4.1.4.2 Aplicação do Método da Renda Anual Uniforme

No cenário seguinte é apresentado o cálculo da substituição da Central da Fervença com recurso ao Método da Renda Anual Uniforme utilizando a Taxa Aparente anual com a introdução da taxa de risco.

Tabela 9 - MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco

Ano [j]	i _j [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	Vn [€]			VPL [€ Ano 0]			MRAU [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	48%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	42 259 019,16 €	41 841 603,13 €	40 176 416,88 €	42 799 992,39 €	42 799 992,39 €	42 799 992,39 €	47 065 264,05 €	59 289 758,38 €	63 903 083,62 €
2009	2	40%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	41 833 170,48 €	41 850 035,78 €	37 815 379,42 €	42 784 846,42 €	42 784 846,42 €	42 784 846,42 €	48 556 796,58 €	52 707 776,13 €	57 725 937,41 €
2010	3	43%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	41 407 321,80 €	41 858 468,42 €	35 593 092,47 €	42 745 177,97 €	42 745 177,97 €	42 745 177,97 €	45 085 720,21 €	49 558 894,54 €	53 271 821,03 €
2011	4	49%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	40 981 473,13 €	41 866 901,07 €	33 501 402,10 €	42 726 523,32 €	42 726 523,32 €	42 726 523,32 €	42 018 155,48 €	47 226 655,70 €	49 594 755,98 €
2012	5	47%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	40 555 624,45 €	41 875 333,72 €	31 532 633,57 €	42 716 434,63 €	42 716 434,63 €	42 716 434,63 €	42 021 803,75 €	45 780 264,20 €	47 639 784,69 €
2013	6	43%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	40 129 775,77 €	41 883 766,37 €	29 679 563,17 €	42 714 438,79 €	42 714 438,79 €	42 714 438,79 €	42 952 496,44 €	44 983 468,23 €	46 690 933,60 €
2014	7	41%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	39 703 927,09 €	41 892 199,01 €	27 935 391,70 €	42 703 976,37 €	42 703 976,37 €	42 703 976,37 €	43 102 006,07 €	44 361 053,44 €	45 785 045,50 €
2015	8	41%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	39 278 078,41 €	41 900 631,66 €	26 293 719,51 €	42 700 547,16 €	42 700 547,16 €	42 700 547,16 €	42 948 850,24 €	43 884 062,84 €	44 990 857,11 €
2016	9	40%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	38 852 229,73 €	41 909 064,31 €	24 748 523,07 €	42 696 421,18 €	42 696 421,18 €	42 696 421,18 €	42 924 860,02 €	43 560 274,67 €	44 443 842,65 €
2017	10	41%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	38 426 381,06 €	41 917 496,95 €	23 294 132,80 €	42 693 200,50 €	42 693 200,50 €	42 693 200,50 €	42 742 933,62 €	43 293 513,99 €	43 938 816,20 €
2018	11	40%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	38 000 532,38 €	41 925 929,60 €	21 925 212,31 €	42 690 915,86 €	42 690 915,86 €	42 690 915,86 €	42 794 291,61 €	43 141 047,72 €	43 667 797,02 €
2019	12	38%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	37 574 683,70 €	41 934 362,25 €	20 636 738,84 €	42 689 184,02 €	42 689 184,02 €	42 689 184,02 €	42 846 536,87 €	43 034 830,52 €	43 474 759,96 €
2020	13	38%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	37 148 835,02 €	41 942 794,90 €	19 423 984,77 €	42 688 436,60 €	42 688 436,60 €	42 688 436,60 €	42 854 211,83 €	42 951 827,00 €	43 311 406,77 €
2021	14	40%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	36 722 986,34 €	41 951 227,54 €	18 282 500,31 €	42 686 960,56 €	42 686 960,56 €	42 686 960,56 €	42 696 913,60 €	42 853 154,06 €	43 079 363,91 €
2022	15	49%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	36 297 137,66 €	41 959 660,19 €	17 208 097,18 €	42 685 885,02 €	42 685 885,02 €	42 685 885,02 €	42 436 012,19 €	42 738 538,58 €	42 798 424,37 €

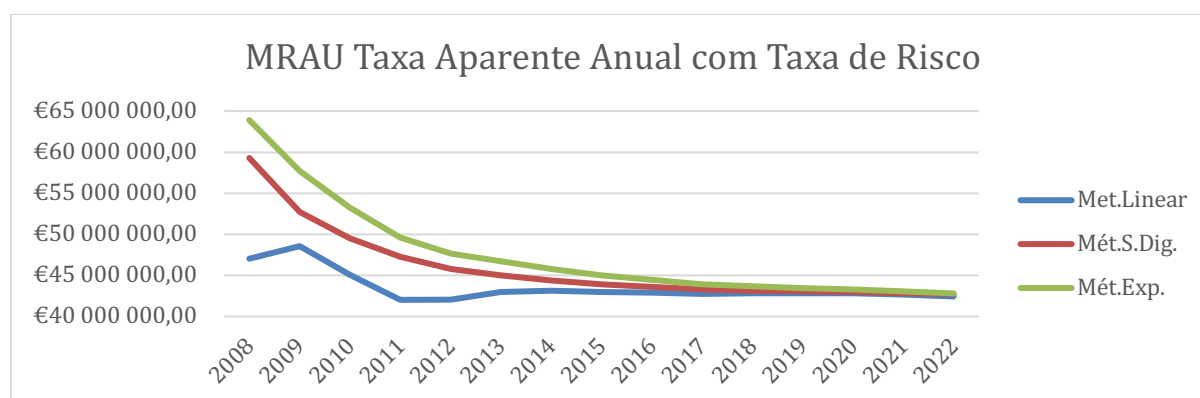


Figura 10 MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco

Pode constatar-se, através da Tabela 9 e da Figura 10, que a introdução da variável risco na taxa aparente atenua as variações abruptas influenciadas pela taxa de inflação e pela taxa de capitalização. É possível constatar que a Renda Anual Uniforme, independentemente de qual método de depreciação utilizado, esta tende a tornar-se uniforme com o passar do tempo.

4.1.4.3 Aplicação do Método de Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente

Na sequência do caso precedente, nesta seção é apresentado o cálculo da substituição da Central de Fervença através do método MCMT-RVP com a taxa aparente anual calculada com a introdução da taxa de risco.

Tabela 10 - MMCMT-RPV taxa aparente anual c/ taxa de risco

Ano j	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	C [€]			C' [€ Ano 0]			MMCMT-RPV [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	48%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	115 124,55 €	115 124,55 €	115 124,55 €	14 085 576,20 €	14 368 067,44 €	15 495 001,96 €	14 200 700,75 €	14 483 191,99 €	15 610 126,51 €
2009	2	40%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	82 556,92 €	82 556,92 €	82 556,92 €	10 717 505,43 €	10 713 221,93 €	11 737 957,44 €	10 800 062,35 €	10 795 778,85 €	11 820 514,36 €
2010	3	43%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	61 739,07 €	61 739,07 €	61 739,07 €	9 526 689,44 €	9 475 463,94 €	10 186 866,88 €	9 588 428,51 €	9 537 203,01 €	10 248 605,95 €
2011	4	49%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	48 907,77 €	48 907,77 €	48 907,77 €	8 573 700,93 €	8 528 382,91 €	8 956 546,34 €	8 622 608,70 €	8 577 290,68 €	9 005 454,11 €
2012	5	47%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	40 388,89 €	40 388,89 €	40 388,89 €	7 368 437,50 €	7 330 412,49 €	7 628 418,46 €	7 408 826,39 €	7 370 801,38 €	7 668 807,35 €
2013	6	43%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	34 478,82 €	34 478,82 €	34 478,82 €	6 328 007,02 €	6 293 646,55 €	6 532 725,47 €	6 362 485,85 €	6 328 125,37 €	6 567 204,29 €
2014	7	41%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	29 943,25 €	29 943,25 €	29 943,25 €	5 589 709,17 €	5 561 703,76 €	5 740 322,36 €	5 619 652,42 €	5 591 647,01 €	5 770 265,61 €
2015	8	41%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	26 445,33 €	26 445,33 €	26 445,33 €	5 018 299,20 €	4 997 112,81 €	5 123 193,78 €	5 044 744,53 €	5 023 558,14 €	5 149 639,11 €
2016	9	40%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	23 649,59 €	23 649,59 €	23 649,59 €	4 535 183,00 €	4 518 850,92 €	4 610 536,43 €	4 558 832,60 €	4 542 500,51 €	4 634 186,03 €
2017	10	41%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	21 367,96 €	21 367,96 €	21 367,96 €	4 141 447,11 €	4 129 905,29 €	4 191 475,13 €	4 162 815,07 €	4 151 273,26 €	4 212 843,09 €
2018	11	40%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	19 475,40 €	19 475,40 €	19 475,40 €	3 792 656,70 €	3 783 588,56 €	3 829 792,64 €	3 812 132,11 €	3 803 063,96 €	3 849 268,04 €
2019	12	38%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	17 882,43 €	17 882,43 €	17 882,43 €	3 494 178,35 €	3 486 880,95 €	3 522 529,74 €	3 512 060,77 €	3 504 763,37 €	3 540 412,17 €
2020	13	38%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	16 527,97 €	16 527,97 €	16 527,97 €	3 238 797,35 €	3 233 034,86 €	3 260 103,15 €	3 255 325,32 €	3 249 562,83 €	3 276 631,13 €
2021	14	40%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	15 358,08 €	15 358,08 €	15 358,08 €	3 024 178,29 €	3 020 655,94 €	3 036 601,93 €	3 039 536,36 €	3 036 014,02 €	3 051 960,01 €
2022	15	49%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	14 338,73 €	14 338,73 €	14 338,73 €	2 839 824,26 €	2 838 914,19 €	2 842 892,21 €	2 854 162,99 €	2 853 252,92 €	2 857 230,94 €

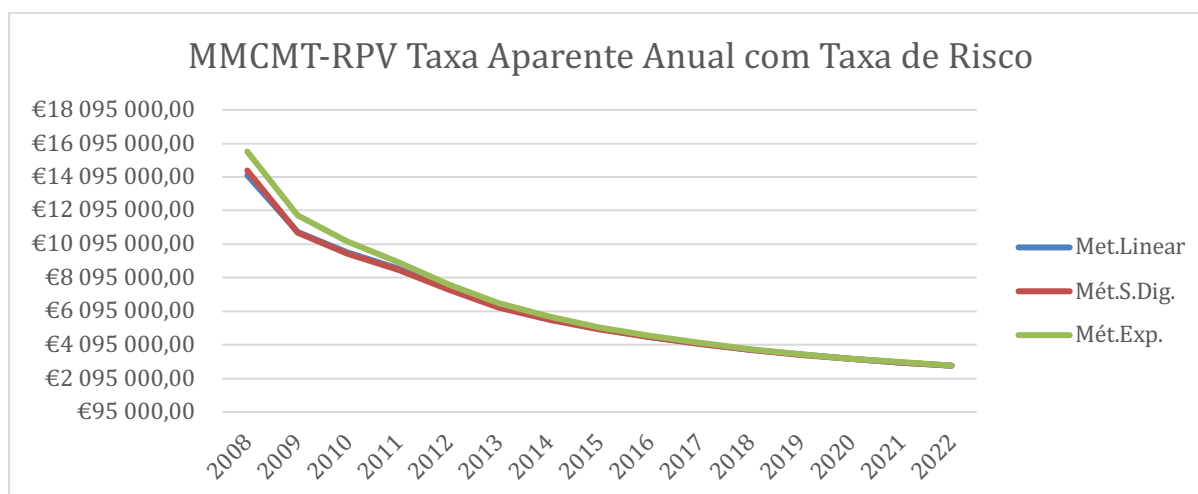


Figura 11 - MMCMT-RPV taxa aparente anual c/ taxa de risco

Pode constatar-se, na Tabela 10 e na Figura 11 que, com a introdução da variável risco no cálculo da taxa aparente não se atinge o menor custo médio de posse do equipamento e não é evidente o período em que ocorre. Este deveria corresponder ao momento mais racional de substituição, visto que o custo médio de posse continua a decrescer e não existe uma inversão na trajetória do custo de posse.

4.1.5 Modelos de substituição – Taxa Aparente Constante com adição de Investimento no ativo

Note-se que os cenários anteriores não tiveram em consideração o investimento realizado nos ativos ao longo do tempo. Assim, além do estudo da variação dos modelos com a introdução da variável risco é necessário adicionar o investimento realizado ao longo do tempo no ativo em estudo.

Este investimento refere-se a melhorias no ativo e que lhe adicionam valor, como melhoria tecnológica ou troca de equipamentos obsoletos. Desta forma, adiciona-se o valor do investimento no ativo ao valor do equipamento (V_n).

4.1.5.1 Aplicação do Método da Renda Anual Uniforme (MRAU)

No exemplo seguinte apresenta-se um caso de determinação do ciclo de substituição da Central da Fervença, com valores de aquisição, manutenção, exploração e de investimento no ativo reais, sendo considerada uma taxa aparente constante de 8%. O método utilizado é o da Renda Anual Uniforme.

Tabela 11 - MRAU taxa aparente constante c/ investimento

Ano j	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	I [€]	Vn [€]			VPL [€ Ano 0]			MRAU [€ Ano 0]			
						Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	8%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	3 031,86 €	42 262 051,02 €	41 844 634,99 €	40 179 448,74 €	42 842 377,91 €	42 842 377,91 €	42 842 377,91 €	53 807 313,26 €	59 411 509,98 €	81 768 177,28 €
2009	2	8%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	4 876,26 €	41 838 046,74 €	41 854 912,04 €	37 820 255,68 €	42 853 610,24 €	42 853 610,24 €	42 853 610,24 €	52 314 558,43 €	52 206 252,93 €	78 115 999,05 €
2010	3	8%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	7 306,22 €	41 414 628,02 €	41 865 774,64 €	35 600 398,69 €	42 825 417,32 €	42 825 417,32 €	42 825 417,32 €	51 322 218,88 €	49 474 797,90 €	75 131 173,23 €
2011	4	8%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	5 853,00 €	40 987 326,13 €	41 872 754,07 €	33 507 255,10 €	42 834 422,31 €	42 834 422,31 €	42 834 422,31 €	50 778 347,42 €	48 177 731,79 €	72 748 277,01 €
2012	5	8%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	- €	40 555 624,45 €	41 875 333,72 €	31 532 633,57 €	42 833 992,89 €	42 833 992,89 €	42 833 992,89 €	50 285 006,22 €	47 319 994,97 €	70 557 099,51 €
2013	6	8%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	12 164,17 €	40 141 939,94 €	41 895 930,54 €	29 691 727,34 €	42 843 408,13 €	42 843 408,13 €	42 843 408,13 €	49 838 504,30 €	46 699 134,51 €	68 542 756,12 €
2014	7	8%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	22 164,90 €	39 726 091,99 €	41 914 363,91 €	27 957 556,60 €	42 809 325,68 €	42 809 325,68 €	42 809 325,68 €	49 328 572,08 €	46 119 912,93 €	66 584 754,20 €
2015	8	8%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	12 632,27 €	39 290 710,68 €	41 913 263,93 €	26 906 351,78 €	42 815 941,23 €	42 815 941,23 €	42 815 941,23 €	48 988 365,14 €	45 773 173,19 €	64 906 900,34 €
2016	9	8%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	652,60 €	38 852 882,33 €	41 909 716,91 €	24 749 175,67 €	42 805 061,43 €	42 805 061,43 €	42 805 061,43 €	48 632 556,84 €	45 450 220,39 €	63 315 307,49 €
2017	10	8%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	362,00 €	38 426 743,06 €	41 917 858,95 €	23 294 494,80 €	42 801 612,33 €	42 801 612,33 €	42 801 612,33 €	48 302 466,05 €	45 178 466,76 €	61 843 446,70 €
2018	11	8%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	656,00 €	38 001 188,38 €	41 926 585,60 €	21 925 868,31 €	42 786 944,05 €	42 786 944,05 €	42 786 944,05 €	47 972 183,10 €	44 923 280,61 €	60 458 205,54 €
2019	12	8%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	1 362 327,07 €	38 937 010,77 €	43 296 689,32 €	21 999 065,91 €	42 770 201,31 €	42 770 201,31 €	42 770 201,31 €	46 734 060,68 €	43 771 163,72 €	58 245 318,83 €
2020	13	8%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	4 384,51 €	37 153 219,53 €	41 947 179,41 €	19 428 369,28 €	42 768 842,89 €	42 768 842,89 €	42 768 842,89 €	47 388 596,46 €	44 518 795,28 €	57 999 197,63 €
2021	14	8%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	109 351,48 €	36 832 337,82 €	42 060 579,02 €	18 991 851,79 €	42 760 407,21 €	42 760 407,21 €	42 760 407,21 €	47 068 548,52 €	44 296 165,76 €	56 846 996,66 €
2022	15	8%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	- €	36 297 137,66 €	41 959 660,19 €	17 208 097,18 €	42 817 878,22 €	42 817 878,22 €	42 817 878,22 €	46 975 372,69 €	44 302 778,02 €	55 985 008,86 €

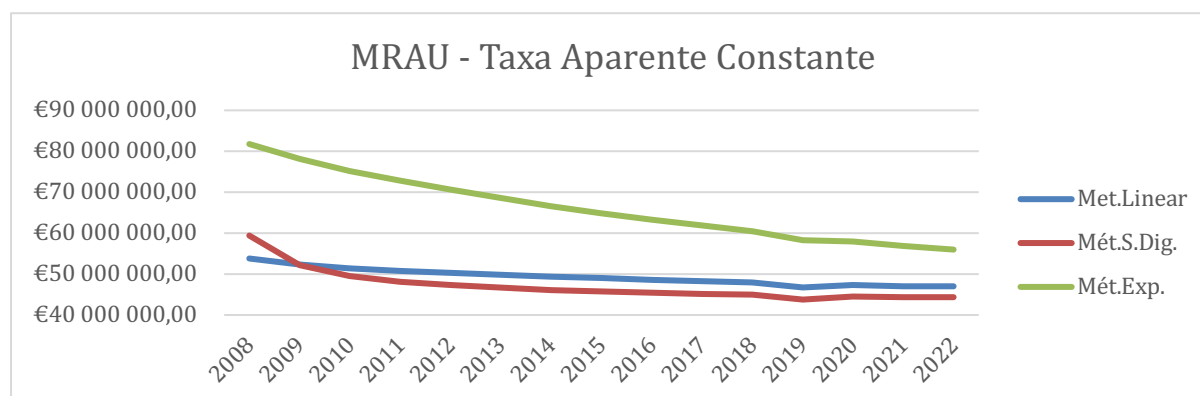


Figura 12 - MRAU taxa aparente constante c/ investimento

Pode constatar-se, através da Tabela 11 e da Figura 12, que a renda anual uniforme segue valores mais lineares, verificando-se um pequeno realce no ano de 2019 correspondente ao valor de investimento imputado nesse ano.

4.1.5.2 Aplicação do Método da Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente (MMCMT-RVP)

Apresenta-se também, através do método da Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente (MCMT-RVP), a determinação do ciclo de substituição da Central da Fervença, com valores reais de aquisição, manutenção,

exploração e de investimento no ativo, sendo considerada uma taxa aparente constante de 8%.

Tabela 12 - MMCMT-RVP taxa aparente constante c/ investimento

Ano j	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	C' [€]			C'' [€ Ano 0]			MMCMT-RVP [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	8%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	157 510,07 €	157 510,07 €	157 510,07 €	3 553 339,12 €	3 939 835,44 €	5 481 674,57 €	3 710 849,19 €	4 097 345,52 €	5 639 184,64 €
2009	2	8%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	120 940,64 €	120 940,64 €	120 940,64 €	3 407 743,10 €	3 400 513,47 €	5 130 047,22 €	3 528 683,74 €	3 521 454,10 €	5 250 987,86 €
2010	3	8%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	96 243,70 €	96 243,70 €	96 243,70 €	3 269 533,62 €	3 150 155,38 €	4 808 041,19 €	3 365 777,32 €	3 246 399,08 €	4 904 284,89 €
2011	4	8%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	81 529,93 €	81 529,93 €	81 529,93 €	3 139 489,89 €	2 976 785,89 €	4 514 008,76 €	3 221 019,82 €	3 058 315,82 €	4 595 538,69 €
2012	5	8%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	71 188,95 €	71 188,95 €	71 188,95 €	3 016 678,26 €	2 837 043,87 €	4 244 857,45 €	3 087 867,20 €	2 908 232,81 €	4 316 046,40 €
2013	6	8%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	63 728,02 €	63 728,02 €	63 728,02 €	2 898 106,09 €	2 713 887,49 €	3 995 673,85 €	2 961 834,11 €	2 777 615,51 €	4 059 401,87 €
2014	7	8%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	57 163,97 €	57 163,97 €	57 163,97 €	2 786 439,25 €	2 604 034,15 €	3 767 414,58 €	2 843 603,22 €	2 661 198,12 €	3 824 578,56 €
2015	8	8%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	52 066,50 €	52 066,50 €	52 066,50 €	2 682 164,93 €	2 505 054,44 €	3 559 045,56 €	2 734 231,42 €	2 557 120,93 €	3 611 112,06 €
2016	9	8%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	47 765,20 €	47 765,20 €	47 765,20 €	2 583 194,84 €	2 413 286,14 €	3 367 124,25 €	2 630 960,04 €	2 461 051,34 €	3 414 889,45 €
2017	10	8%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	44 156,13 €	44 156,13 €	44 156,13 €	2 488 585,07 €	2 326 878,85 €	3 189 500,95 €	2 532 741,20 €	2 371 034,98 €	3 233 657,08 €
2018	11	8%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	40 985,54 €	40 985,54 €	40 985,54 €	2 398 800,86 €	2 245 752,18 €	3 025 567,16 €	2 439 786,40 €	2 286 737,71 €	3 066 552,70 €
2019	12	8%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	38 162,67 €	38 162,67 €	38 162,67 €	2 268 537,10 €	2 124 263,07 €	2 829 061,34 €	2 306 699,77 €	2 162 425,74 €	2 867 224,01 €
2020	13	8%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	35 723,97 €	35 723,97 €	35 723,97 €	2 232 592,78 €	2 096 998,23 €	2 733 930,52 €	2 268 316,75 €	2 132 722,21 €	2 769 654,50 €
2021	14	8%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	33 557,67 €	33 557,67 €	33 557,67 €	2 153 206,55 €	2 026 062,81 €	2 601 654,20 €	2 186 764,22 €	2 059 620,47 €	2 635 211,87 €
2022	15	8%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	31 911,65 €	31 911,65 €	31 911,65 €	2 082 833,09 €	1 963 828,87 €	2 484 010,53 €	2 114 744,73 €	1 995 740,51 €	2 515 922,18 €

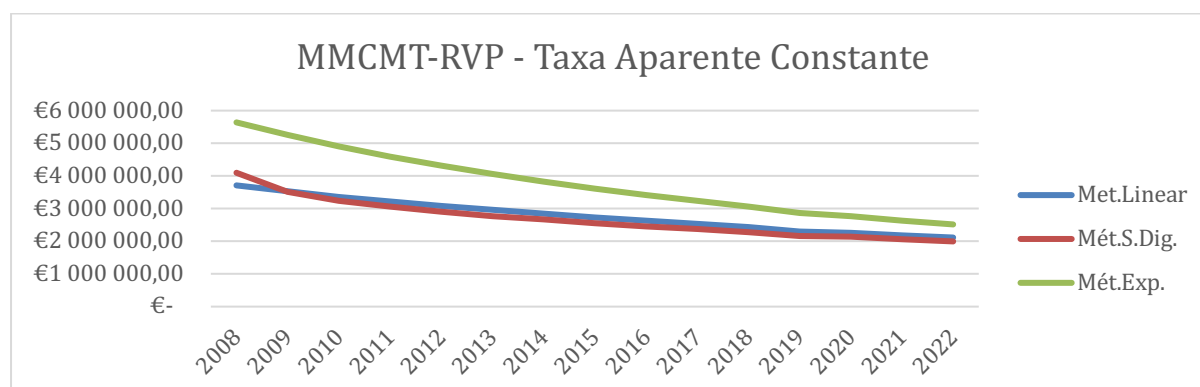


Figura 13 - MMCMT-RVP taxa aparente constante c/ investimento

Neste método, apesar da introdução do valor do investimento, as alterações não são significativas, sendo similar ao da seção 4.1.1.2., ou seja, não se atinge o menor custo médio de posse do equipamento e não é evidente o período em que ocorre (Tabela 12 e Figura 13).

4.1.6 Modelos de substituição – Taxa Aparente Anual com adição de Investimento no ativo

Nesta seção são abordados os modelos anteriores com a influência da Taxa Aparente e do valor do investimento na determinação do ciclo económico de substituição da Central da Fervença, no sentido de estudar o seu efeito ao longo do seu ciclo de vida.

4.1.6.1 Aplicação do Método da Renda Anual Uniforme

No exemplo seguinte é apresentado o cálculo da substituição da Central da Fervença com recurso ao Método da Renda Anual Uniforme utilizando a Taxa Aparente anual e considerando o valor do investimento.

Tabela 13 - MRAU taxa aparente anual c/ investimento

Ano	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ I [€]	I [€]	Vn [€]			VPL [€ Ano 0]			MRAU [€ Ano 0]			
						Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	9%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	3 031,86 €	42 262 051,02 €	41 844 634,99 €	40 179 448,74 €	42 840 285,99 €	42 840 285,99 €	42 840 285,99 €	46 648 345,93 €	57 982 009,50 €	77 117 530,39 €
2009	2	4%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	4 876,26 €	41 838 046,74 €	41 854 912,04 €	37 820 255,68 €	42 867 078,80 €	42 867 078,80 €	42 867 078,80 €	97 700 954,80 €	57 510 164,23 €	109 660 004,50 €
2010	3	6%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	7 306,22 €	41 414 628,02 €	41 865 774,64 €	35 600 398,69 €	42 833 253,39 €	42 833 253,39 €	42 833 253,39 €	64 622 967,96 €	50 272 753,78 €	84 352 566,79 €
2011	4	10%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	5 853,00 €	40 987 326,13 €	41 872 754,07 €	33 507 255,10 €	42 823 226,77 €	42 823 226,77 €	42 823 226,77 €	42 407 550,21 €	47 929 416,60 €	66 930 134,75 €
2012	5	9%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	- €	40 555 624,45 €	41 875 333,72 €	31 532 633,57 €	42 826 414,38 €	42 826 414,38 €	42 826 414,38 €	45 545 088,12 €	47 190 926,61 €	67 178 028,66 €
2013	6	6%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	12 164,17 €	40 141 939,94 €	41 895 930,54 €	29 691 727,34 €	42 863 873,96 €	42 863 873,96 €	42 863 873,96 €	63 425 708,64 €	47 130 426,26 €	78 481 107,04 €
2014	7	5%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	22 164,90 €	39 726 091,99 €	41 914 363,91 €	27 957 556,60 €	42 841 025,60 €	42 841 025,60 €	42 841 025,60 €	75 839 981,25 €	46 886 668,76 €	86 300 493,13 €
2015	8	4%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	12 632,27 €	39 290 710,68 €	41 913 263,93 €	26 306 351,78 €	42 857 848,38 €	42 857 848,38 €	42 857 848,38 €	77 689 198,32 €	46 596 618,73 €	86 564 190,32 €
2016	9	4%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	652,60 €	38 852 882,33 €	41 909 716,91 €	24 749 175,67 €	42 856 940,27 €	42 856 940,27 €	42 856 940,27 €	84 750 339,19 €	46 471 564,17 €	90 943 536,50 €
2017	10	4%	5 941,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	362,00 €	38 426 743,06 €	41 917 858,95 €	23 294 494,80 €	42 852 408,99 €	42 852 408,99 €	42 852 408,99 €	76 797 295,29 €	45 944 018,84 €	83 891 687,37 €
2018	11	3%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	656,00 €	38 001 188,38 €	41 926 585,60 €	21 925 868,31 €	42 849 034,40 €	42 849 034,40 €	42 849 034,40 €	87 609 626,67 €	45 963 487,06 €	91 484 903,84 €
2019	12	3%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	1 362 327,07 €	38 937 010,77 €	43 236 689,32 €	21 999 065,91 €	42 843 030,75 €	42 843 030,75 €	42 843 030,75 €	105 704 330,67 €	42 369 689,96 €	102 887 193,87 €
2020	13	2%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	4 384,51 €	37 153 219,53 €	41 947 179,41 €	19 428 369,28 €	42 861 413,43 €	42 861 413,43 €	42 861 413,43 €	130 642 976,95 €	46 686 025,99 €	124 569 027,30 €
2021	14	3%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	109 351,48 €	36 832 337,82 €	42 060 579,02 €	18 391 851,79 €	42 824 627,96 €	42 824 627,96 €	42 824 627,96 €	83 560 204,08 €	45 057 964,74 €	86 194 637,59 €
2022	15	11%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	- €	36 297 137,66 €	41 959 660,19 €	17 208 097,18 €	42 882 234,75 €	42 776 575,12 €	42 776 575,12 €	41 106 264,72 €	44 004 545,81 €	51 038 376,81 €

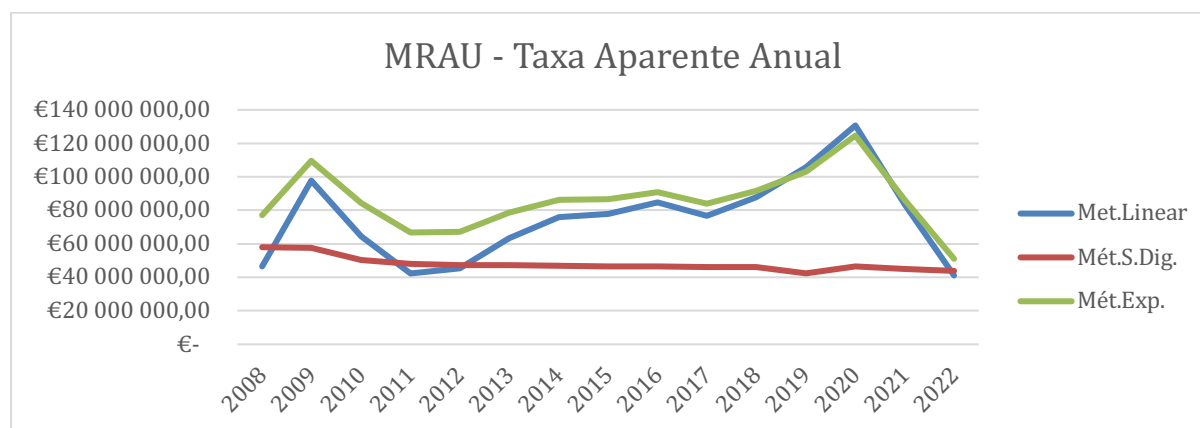


Figura 14 - MRAU taxa aparente anual c/ investimento

Pode constatar-se, na Tabela 13 e na Figura 14, que existem variações acentuadas com a variação da taxa aparente, tal como na seção 4.1.2.1. Isto é, existe uma relação de quando a taxa aparente sobe o valor da Renda Anual Uniforme decresce e vice-versa.

Verificando-se um “pico” em 2019 e 2020 coincidente com a reformulação do ativo.

4.1.6.2 Aplicação do Método da Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente (MMCMT-RVP)

Como no exemplo anterior, agora é apresentado o cálculo da substituição da Central da Fervença com recurso ao Método da Minimização do Custo Médio Total com

Redução ao Valor Presente, utilizando a Taxa Aparente anual e considerando o valor do investimento.

Tabela 14 MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ investimento

Ano j	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	C' [€]			C'' [€ Ano 0]			MMCMT-RVP [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	9%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	155 418,15 €	155 418,15 €	155 418,15 €	4 073 054,13 €	4 454 417,31 €	5 975 778,90 €	4 228 472,27 €	4 609 835,45 €	6 131 197,05 €
2009	2	4%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	123 261,81 €	123 261,81 €	123 261,81 €	1 976 244,60 €	1 968 437,92 €	3 836 018,38 €	2 099 506,42 €	2 091 699,73 €	3 959 280,20 €
2010	3	6%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	98 661,82 €	98 661,82 €	98 661,82 €	2 658 549,49 €	2 532 515,54 €	4 282 833,55 €	2 757 211,31 €	2 631 177,36 €	4 381 495,38 €
2011	4	10%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	82 643,80 €	82 643,80 €	82 643,80 €	3 703 309,34 €	3 552 785,24 €	4 974 932,76 €	3 785 953,14 €	3 635 429,05 €	5 057 576,56 €
2012	5	9%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	71 776,90 €	71 776,90 €	71 776,90 €	3 297 218,75 €	3 126 713,35 €	4 462 982,08 €	3 368 995,65 €	3 198 490,25 €	4 534 758,98 €
2013	6	6%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	64 786,48 €	64 786,48 €	64 786,48 €	2 353 861,19 €	2 145 861,97 €	3 593 113,06 €	2 418 647,67 €	2 210 648,45 €	3 657 899,54 €
2014	7	5%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	58 718,16 €	58 718,16 €	58 718,16 €	1 943 012,46 €	1 714 148,05 €	3 173 846,21 €	2 001 730,62 €	1 772 866,21 €	3 232 564,37 €
2015	8	4%	8 989,97 €	223 617,73 €	242 607,70 €	54 081,21 €	54 081,21 €	54 081,21 €	1 833 798,51 €	1 600 061,76 €	2 991 037,88 €	1 887 879,72 €	1 654 142,97 €	3 045 119,09 €
2016	9	4%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	50 196,54 €	50 196,54 €	50 196,54 €	1 651 066,23 €	1 407 820,29 €	2 773 360,97 €	1 701 262,77 €	1 458 016,83 €	2 823 557,51 €
2017	10	4%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	46 852,30 €	46 852,30 €	46 852,30 €	1 714 132,43 €	1 482 066,26 €	2 720 023,67 €	1 760 984,72 €	1 528 918,55 €	2 766 875,96 €
2018	11	3%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	43 949,74 €	43 949,74 €	43 949,74 €	1 497 556,05 €	1 251 411,75 €	2 505 568,28 €	1 541 505,79 €	1 295 361,49 €	2 549 518,03 €
2019	12	3%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	41 385,62 €	41 385,62 €	41 385,62 €	1 168 812,72 €	901 405,33 €	2 207 726,82 €	1 210 198,34 €	942 790,95 €	2 249 112,44 €
2020	13	2%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	39 246,76 €	39 246,76 €	39 246,76 €	1 074 170,83 €	789 102,60 €	2 128 162,04 €	1 113 417,58 €	828 349,36 €	2 167 408,80 €
2021	14	3%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	37 156,48 €	37 156,48 €	37 156,48 €	1 391 705,10 €	1 156 468,48 €	2 221 406,23 €	1 428 861,58 €	1 193 624,96 €	2 258 562,71 €
2022	15	11%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	35 086,97 €	35 086,97 €	35 086,97 €	2 319 709,56 €	2 237 659,18 €	2 596 311,21 €	2 354 796,53 €	2 272 746,15 €	2 631 398,18 €

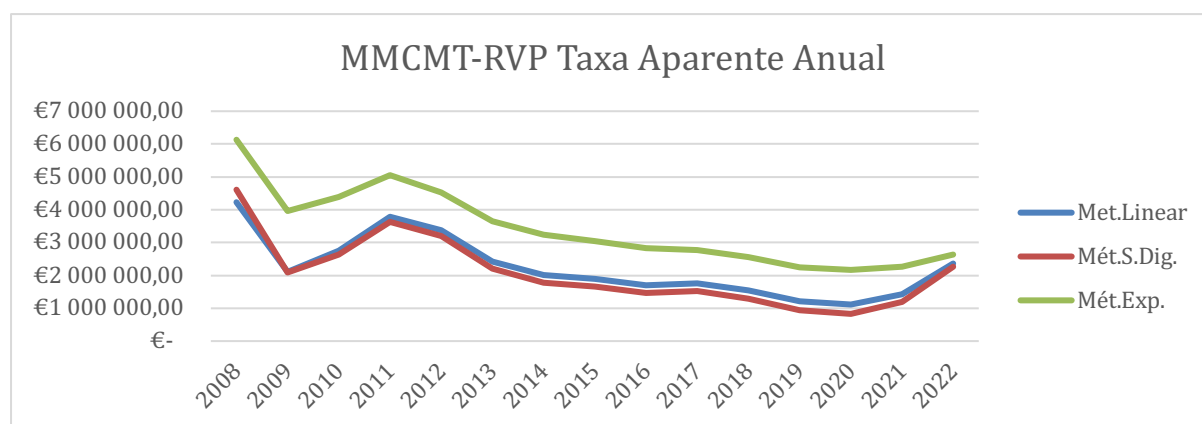


Figura 15 - MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ investimento

Pode constatar-se, na Tabela 14 e na Figura 15, que se verifica um ponto mínimo no ano de 2020. Este deve corresponder ao momento mais racional de substituição, visto que existe uma inversão na trajetória do custo de posse.

Note-se que esta “substituição” ocorreu no ano de 2019; assim, pode-se considerar que se reformou a Central da Fervença atempadamente e de forma preventiva.

4.1.7 Influência da Taxa de Risco com adição de Investimento no ativo

Neste segmento aborda-se a introdução da variável risco no cálculo da taxa aparente variável e a consideração do investimento no ativo em estudo.

4.1.7.1 Aplicação do Método da Renda Anual Uniforme

No cenário seguinte é apresentado o cálculo da substituição da Central da Fervença com recurso ao Método da Renda Anual Uniforme utilizando a Taxa Aparente anual com a introdução da taxa de risco e considerando o valor do investimento.

Tabela 15 - MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento

Ano [j]	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	I [€]	Vn [€]			VPL [€ Ano 0]			MRAU [€ Ano 0]			
						Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	0%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	3 031,86 €	42 262 051,02 €	41 844 634,99 €	40 179 448,74 €	42 799 992,39 €	42 799 992,39 €	42 799 992,39 €	47 056 070,34 €	59 281 358,74 €	63 894 683,98 €
2009	2	0%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	4 876,26 €	41 838 046,74 €	41 854 912,04 €	37 820 255,68 €	42 784 846,42 €	42 784 846,42 €	42 784 846,42 €	48 550 245,36 €	52 701 711,21 €	57 719 872,49 €
2010	3	0%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	7 306,22 €	41 414 628,02 €	41 865 774,64 €	35 600 398,69 €	42 745 177,97 €	42 745 177,97 €	42 745 177,97 €	45 080 554,01 €	49 554 564,80 €	53 267 491,29 €
2011	4	0%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	5 853,00 €	40 987 326,13 €	41 872 754,07 €	33 507 255,10 €	42 726 523,32 €	42 726 523,32 €	42 726 523,32 €	42 015 718,94 €	47 224 998,84 €	49 593 099,11 €
2012	5	0%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	- €	40 555 624,45 €	41 875 333,72 €	31 532 633,57 €	42 716 434,63 €	42 716 434,63 €	42 716 434,63 €	42 021 803,75 €	45 780 264,20 €	47 639 784,69 €
2013	6	0%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	12 164,17 €	40 141 939,94 €	41 895 930,54 €	29 691 727,34 €	42 714 438,79 €	42 714 438,79 €	42 714 438,79 €	42 950 104,56 €	44 981 766,37 €	46 689 231,74 €
2014	7	0%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	22 164,90 €	39 726 091,99 €	41 914 363,91 €	27 957 556,60 €	42 703 976,37 €	42 703 976,37 €	42 703 976,37 €	43 098 917,11 €	44 358 791,99 €	45 782 784,05 €
2015	8	0%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	12 632,27 €	39 290 710,68 €	41 913 263,93 €	26 306 351,78 €	42 700 547,16 €	42 700 547,16 €	42 700 547,16 €	42 947 593,81 €	43 883 166,99 €	44 989 961,26 €
2016	9	0%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	652,60 €	38 852 882,33 €	41 909 716,91 €	24 749 175,67 €	42 696 421,18 €	42 696 421,18 €	42 696 421,18 €	42 924 813,10 €	43 560 241,07 €	44 443 809,04 €
2017	10	0%	5 941,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	362,00 €	38 426 743,06 €	41 917 858,95 €	23 294 494,80 €	42 693 200,50 €	42 693 200,50 €	42 693 200,50 €	42 742 914,75 €	43 293 501,45 €	43 938 803,65 €
2018	11	0%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	656,00 €	38 001 188,38 €	41 926 585,60 €	21 925 868,31 €	42 690 915,86 €	42 690 915,86 €	42 690 915,86 €	42 794 266,56 €	43 141 030,44 €	43 667 779,75 €
2019	12	0%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	1 362 327,07 €	38 937 010,77 €	43 296 689,32 €	21 999 065,91 €	42 689 184,02 €	42 689 184,02 €	42 689 184,02 €	42 808 304,34 €	43 006 689,93 €	43 446 619,37 €
2020	13	0%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	4 384,51 €	37 153 219,53 €	41 947 179,41 €	19 428 369,28 €	42 688 436,60 €	42 688 436,60 €	42 688 436,60 €	42 854 121,27 €	42 951 756,99 €	43 311 336,75 €
2021	14	0%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	109 351,48 €	36 832 337,82 €	42 060 579,02 €	18 391 851,79 €	42 686 960,56 €	42 686 960,56 €	42 686 960,56 €	42 695 254,46 €	42 852 108,96 €	43 078 318,80 €
2022	15	0%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	- €	36 297 137,66 €	41 959 660,19 €	17 208 097,18 €	42 685 885,02 €	42 685 885,02 €	42 685 885,02 €	42 436 012,19 €	42 738 538,58 €	42 798 424,37 €

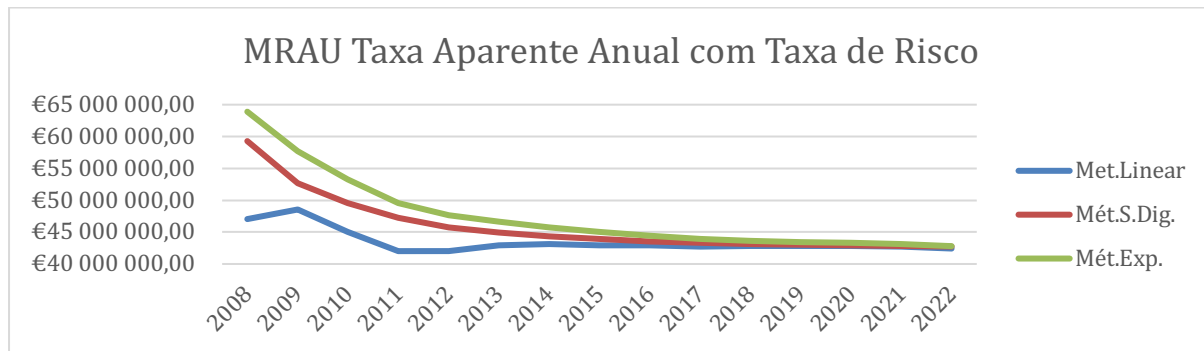


Figura 16 - MRAU taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento

Pode constatar-se, através da Tabela 15 e da Figura 15, que a introdução da variável risco na taxa aparente atenua as variações brutas influenciadas pela taxa de inflação e pela taxa de capitalização. Como é possível verificar a Renda Anual Uniforme tende a tornar-se uniforme com o passar do tempo.

4.1.7.2 Aplicação do Método da Minimização do Custo Médio Total com Redução ao Valor Presente (MMCMT-RVP)

Tal como no cenário anterior, nesta seção é apresentado o cálculo da substituição da Central com o método MCMT-RVP utilizando a taxa aparente com a introdução da taxa de risco e considerando o valor do investimento.

Tabela 16 - MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento

Ano j	i _a [%]	CM [€]	CO [€]	Σ1 [€]	C [€]			C* [€ Ano 0]			MMCMT-RVP [€ Ano 0]			
					Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	Met.Linear	Mét.S.Dig.	Mét.Exp.	
2008	1	48%	1 732,01 €	168 378,87 €	170 110,88 €	115 124,55 €	115 124,55 €	115 124,55 €	14 083 524,35 €	14 366 015,59 €	15 492 950,11 €	14 198 648,90 €	14 481 140,14 €	15 608 074,66 €
2009	2	40%	6 782,60 €	190 038,53 €	196 821,13 €	82 556,92 €	82 556,92 €	82 556,92 €	10 716 266,94 €	10 711 983,44 €	11 736 718,95 €	10 798 823,86 €	10 794 540,36 €	11 819 275,87 €
2010	3	43%	5 642,83 €	171 409,04 €	177 051,87 €	61 739,07 €	61 739,07 €	61 739,07 €	9 525 859,86 €	9 474 634,35 €	10 186 037,30 €	9 587 598,93 €	9 536 373,43 €	10 247 776,37 €
2011	4	49%	9 237,77 €	194 229,43 €	203 467,20 €	48 907,77 €	48 907,77 €	48 907,77 €	8 573 401,36 €	8 528 083,34 €	8 956 246,77 €	8 622 309,13 €	8 576 991,11 €	9 005 154,54 €
2012	5	47%	8 699,61 €	210 414,02 €	219 113,63 €	40 388,89 €	40 388,89 €	40 388,89 €	7 368 437,50 €	7 330 412,49 €	7 628 418,46 €	7 408 826,39 €	7 370 801,38 €	7 668 807,35 €
2013	6	43%	23 353,29 €	228 230,22 €	251 583,51 €	34 478,82 €	34 478,82 €	34 478,82 €	6 327 768,73 €	6 293 408,26 €	6 532 487,17 €	6 362 247,55 €	6 327 887,08 €	6 566 965,99 €
2014	7	41%	5 631,35 €	207 667,52 €	213 298,87 €	29 943,25 €	29 943,25 €	29 943,25 €	5 589 425,50 €	5 561 420,10 €	5 740 038,70 €	5 619 368,75 €	5 591 363,34 €	5 769 981,94 €
2015	8	41%	8 989,97 €	233 617,73 €	242 607,70 €	26 445,33 €	26 445,33 €	26 445,33 €	5 018 197,15 €	4 997 010,76 €	5 123 091,73 €	5 044 642,48 €	5 023 456,09 €	5 149 537,06 €
2016	9	40%	12 911,45 €	227 356,10 €	240 267,55 €	23 649,59 €	23 649,59 €	23 649,59 €	4 535 179,52 €	4 518 847,43 €	4 610 532,95 €	4 558 829,11 €	4 542 497,02 €	4 634 182,54 €
2017	10	41%	5 341,50 €	246 701,09 €	252 042,59 €	21 367,96 €	21 367,96 €	21 367,96 €	4 141 445,91 €	4 129 904,10 €	4 191 473,94 €	4 162 813,87 €	4 151 272,06 €	4 212 841,90 €
2018	11	40%	6 150,03 €	231 854,84 €	238 004,87 €	19 475,40 €	19 475,40 €	19 475,40 €	3 792 655,19 €	3 783 587,05 €	3 829 791,12 €	3 812 130,59 €	3 803 062,45 €	3 849 266,53 €
2019	12	38%	11 708,84 €	203 175,36 €	214 884,20 €	17 882,43 €	17 882,43 €	17 882,43 €	3 491 898,03 €	3 484 600,63 €	3 520 249,42 €	3 509 780,46 €	3 502 483,06 €	3 538 131,85 €
2020	13	38%	16 387,70 €	211 992,84 €	228 380,54 €	16 527,97 €	16 527,97 €	16 527,97 €	3 238 792,08 €	3 233 029,59 €	3 260 097,88 €	3 255 320,05 €	3 249 557,56 €	3 276 625,86 €
2021	14	40%	18 882,85 €	202 990,90 €	221 873,75 €	15 358,08 €	15 358,08 €	15 358,08 €	3 020 104,61 €	3 020 582,27 €	3 036 528,26 €	3 039 462,69 €	3 035 940,35 €	3 051 886,33 €
2022	15	49%	19 315,19 €	402 616,22 €	421 931,41 €	14 338,73 €	14 338,73 €	14 338,73 €	2 839 824,26 €	2 838 914,19 €	2 842 892,21 €	2 854 162,99 €	2 853 252,92 €	2 857 230,94 €

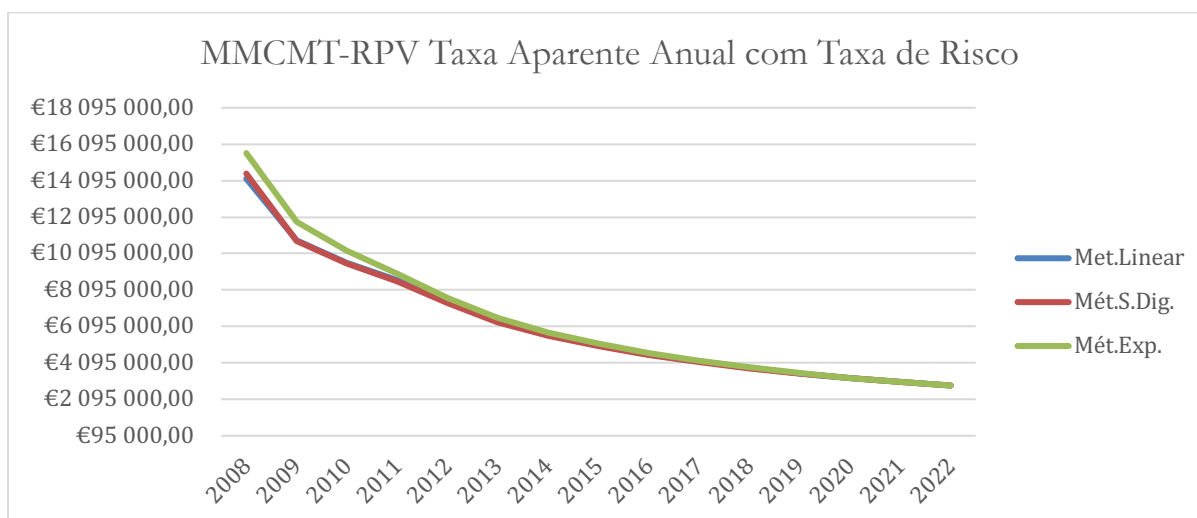


Figura 17 - MMCMT-RVP taxa aparente anual c/ taxa de risco, considerando o valor do investimento

Pode constatar-se, na Tabela 16 e na Figura 17, que tal como na seção 4.1.3.3, com a introdução da variável risco no cálculo da taxa aparente não se atinge o menor custo médio de posse do equipamento e não é evidente o período em que ocorre. Este deveria corresponder ao momento mais racional de substituição, visto que o custo médio de posse continua a decrescer e não existe uma inversão na trajetória do custo de posse.

Mesmo considerando o investimento, não se constata grandes alterações face aos cálculos da seção 4.1.3.3.

4.2 Avaliação do Indicador Financeiro - ROI

Nesta secção é realizada uma avaliação com recurso ao indicador financeiro ROI e a relação com a vida útil do ativo.

Esta avaliação é dividida em três partes:

- 1) O ROI é calculado com uma taxa aparente fixa;
- 2) O ROI é calculado considerando uma taxa aparente fixa, mas introduzindo a variável risco;
- 3) O ROI é calculado considerando uma taxa aparente anual com introdução da variável risco.

Note-se que nestes cálculos são considerados os mesmos valores considerados nos cálculos das secções anteriores.

4.2.1 ROI – Taxa Aparente fixa

Nesta primeira parte, é apresentada a análise global LCI (*Life Cycle Investment*) e a vida útil da Central Fervença. A taxa aparente é constante (8%) e são considerados os custos de manutenção, operação e de investimento.

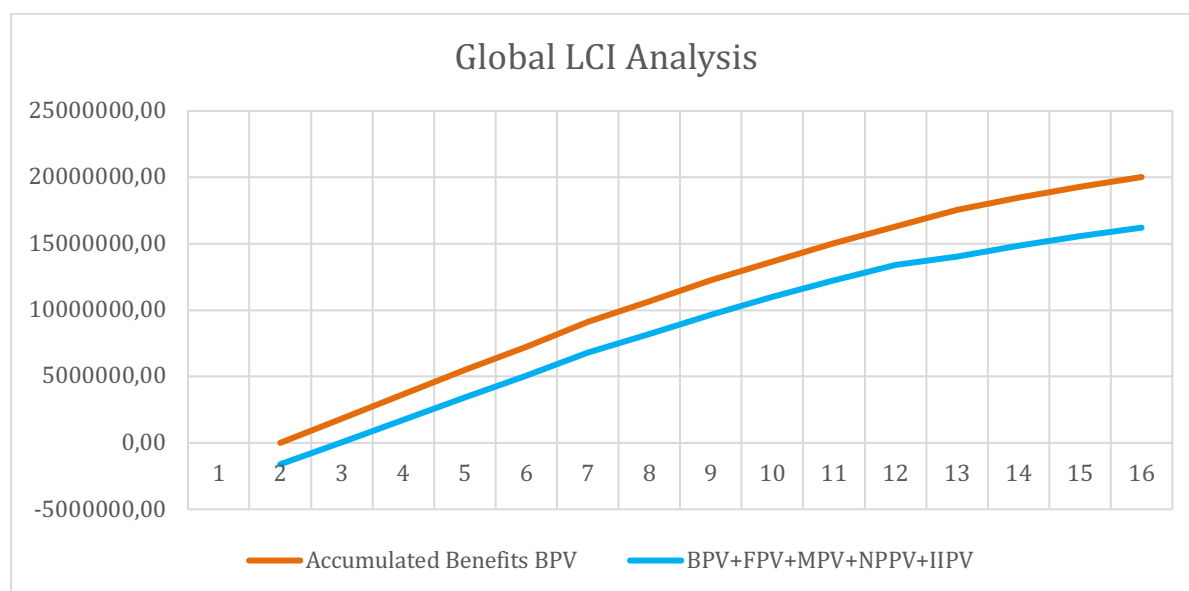


Figura 18 - Análise Global do LCI (taxa aparente fixa)

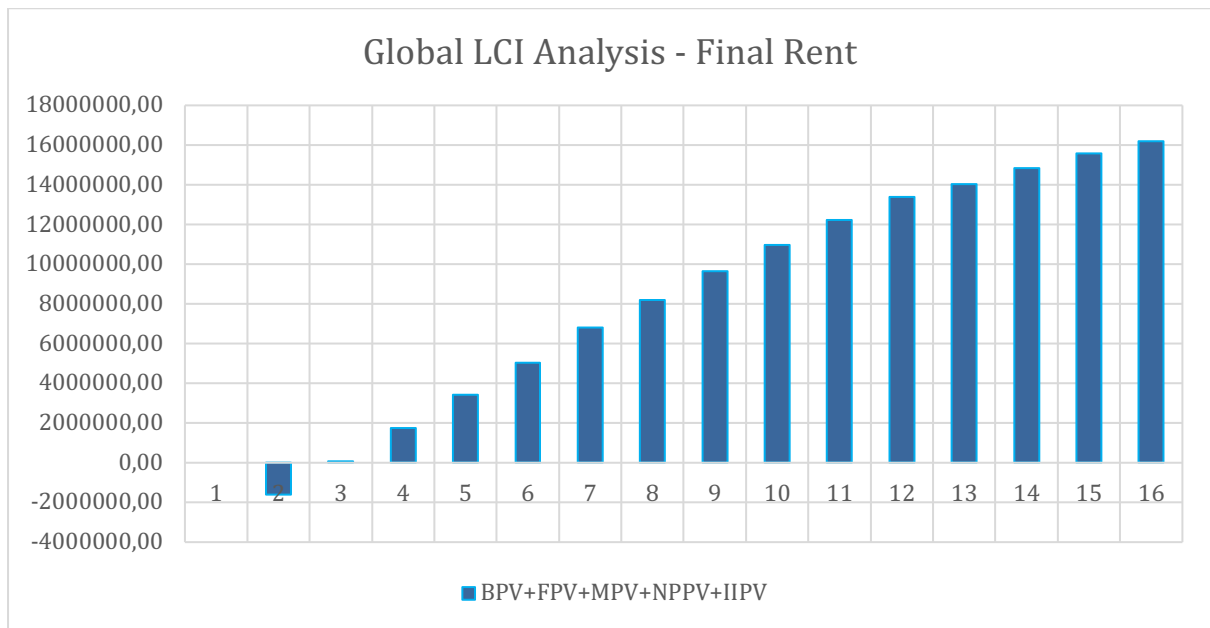


Figura 19 - Análise Global LCI/Renda final (taxa aparente fixa)

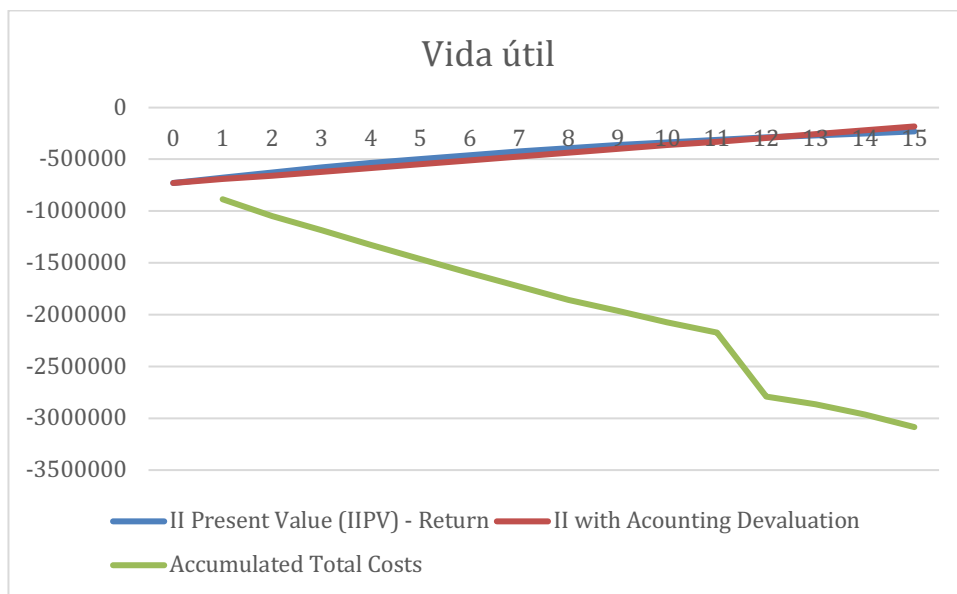


Figura 20 - Vida útil da Central Fervença (taxa aparente fixa)

Com recurso às figuras 18 e 19 verifica-se que é uma atividade bastante lucrativa e que a partir do ano 3 (caso o investimento fosse no anterior aos dados fornecidos) a empresa teria recuperado o seu investimento inicial.

Na figura 20 é possível verificar que à medida que o ativo diminui a sua vida útil, os custos com o ativo aumentam.

4.2.2 ROI – Taxa aparente fica com taxa de Risco

Nesta segunda fase, é calculada a análise global LCI (*Life Cycle Investment*) e a vida útil da Central Ferverça. A taxa aparente é constante (4,2%), sendo que esta é calculada através da média da taxa de inflação e da média da taxa de juro, entre 2008 e 2022. No cálculo da taxa aparente é também considerado um risco de 35%.

Nesta análise são considerados os custos de manutenção, operação e de investimento.

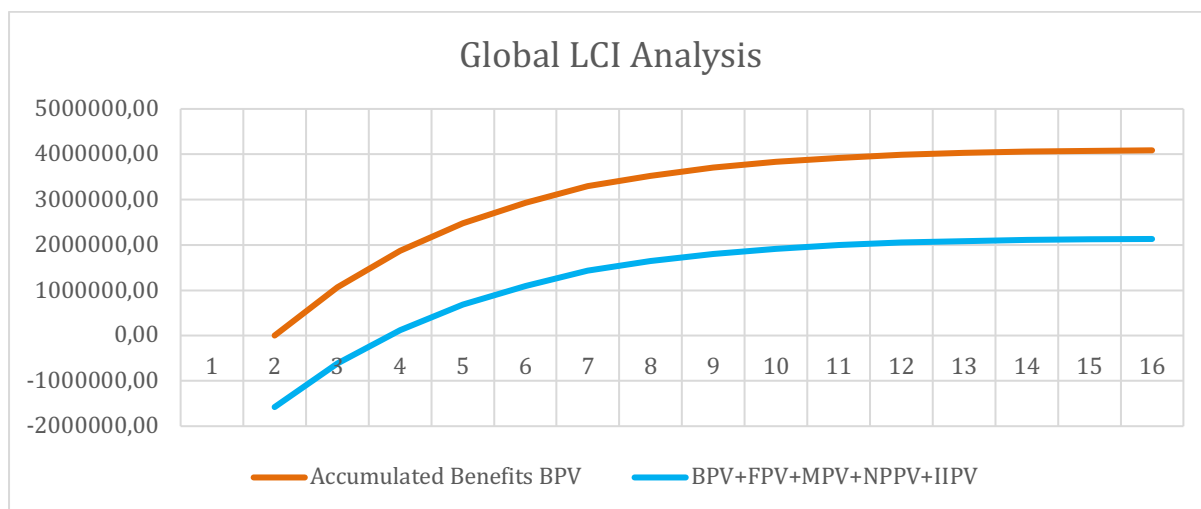


Figura 21 - Análise Global LCI (taxa aparente fixa c/ taxa de risco)

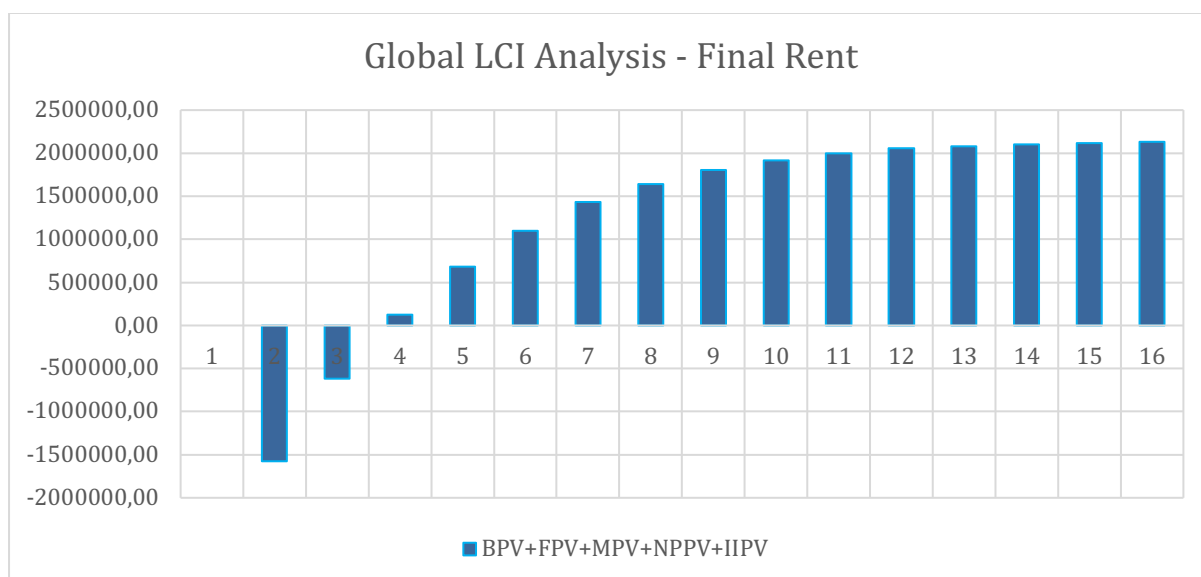


Figura 22 – Análise Global LCI/Renda Final (taxa aparente fixa c/ taxa de risco)

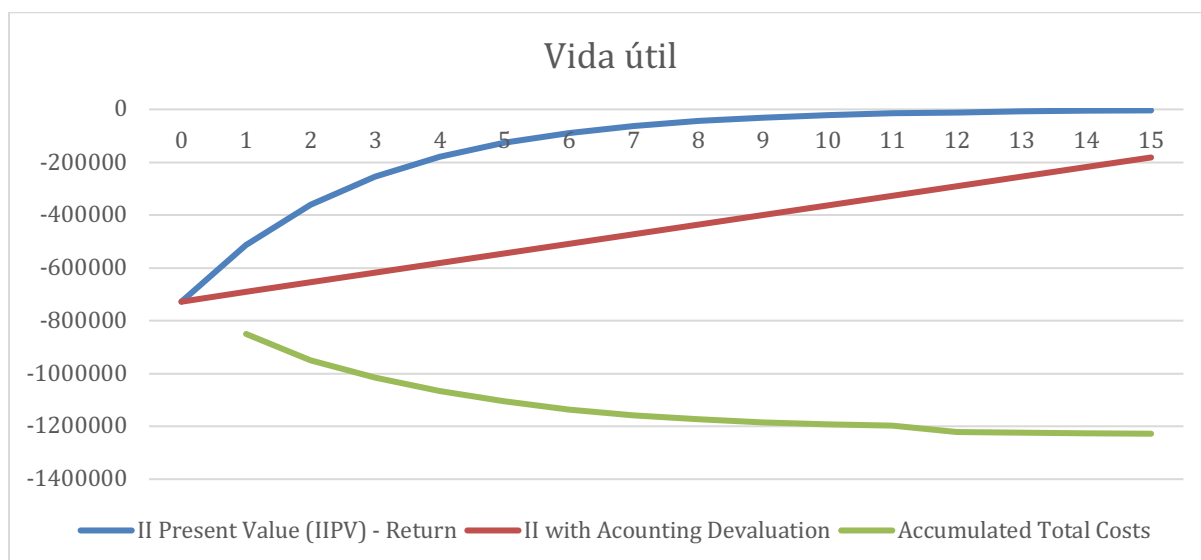


Figura 23 - Vida útil da Central Fervença (taxa aparente fixa c/ taxa de risco)

Neste caso, verifica-se também que o setor de atividade da Inova é promissor. As figuras 21 e 22 verificam que a partir do ano 4 (caso o investimento fosse no ano anterior aos dados fornecidos) a empresa teria recuperado o seu investimento inicial.

Na figura 20 também é possível verificar que à medida que o ativo diminui a sua vida útil, os custos com o ativo aumentam. A diferença para o caso anterior é a diferença do cálculo da taxa aparente que interfere com a atualização do valor presente do ativo.

4.2.3 ROI – taxa aparente anual com taxa de risco

Nesta terceira parte é calculada a análise global LCI (*Life Cycle Investment*) e a vida útil da Central Fervença. A taxa aparente é anual, sendo que esta é calculada através da taxa de inflação e da taxa de juro, entre 2008 e 2022 e considera-se que o risco é 35%.

Nesta análise são considerados os custos de manutenção, de operação e de investimento.

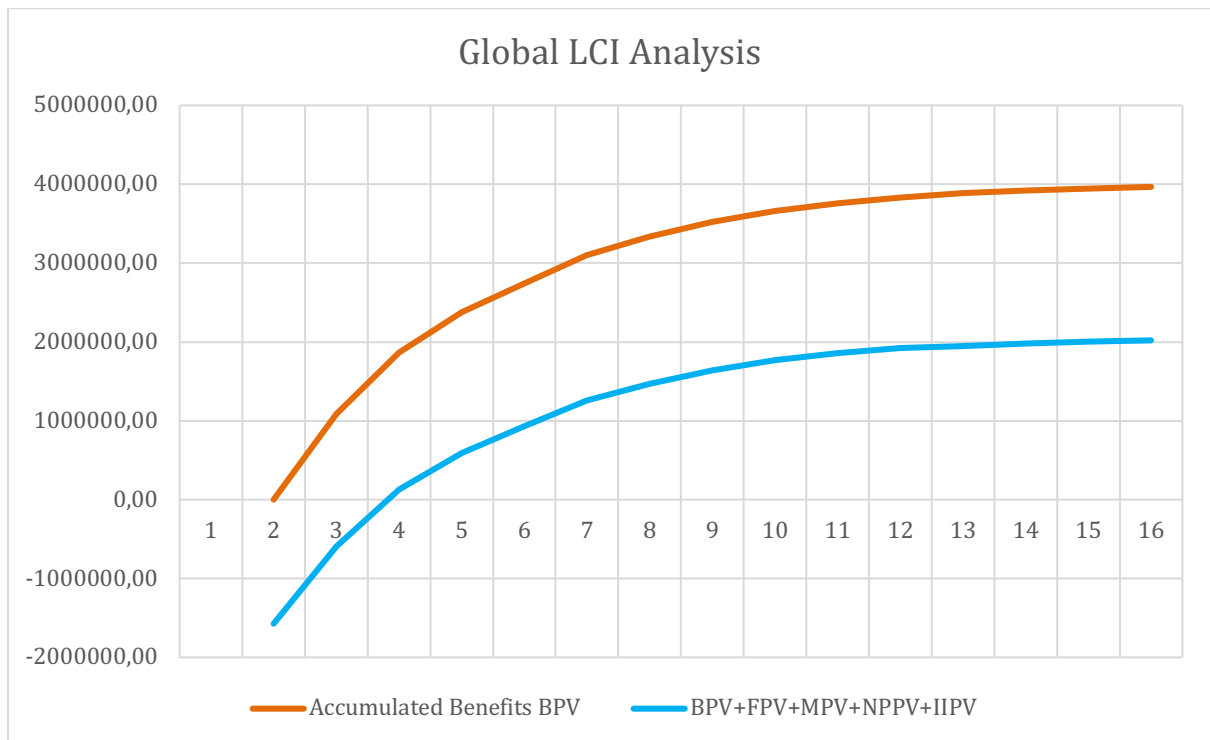


Figura 24 - Análise Global LCI (taxa aparente anual c/ taxa de risco)

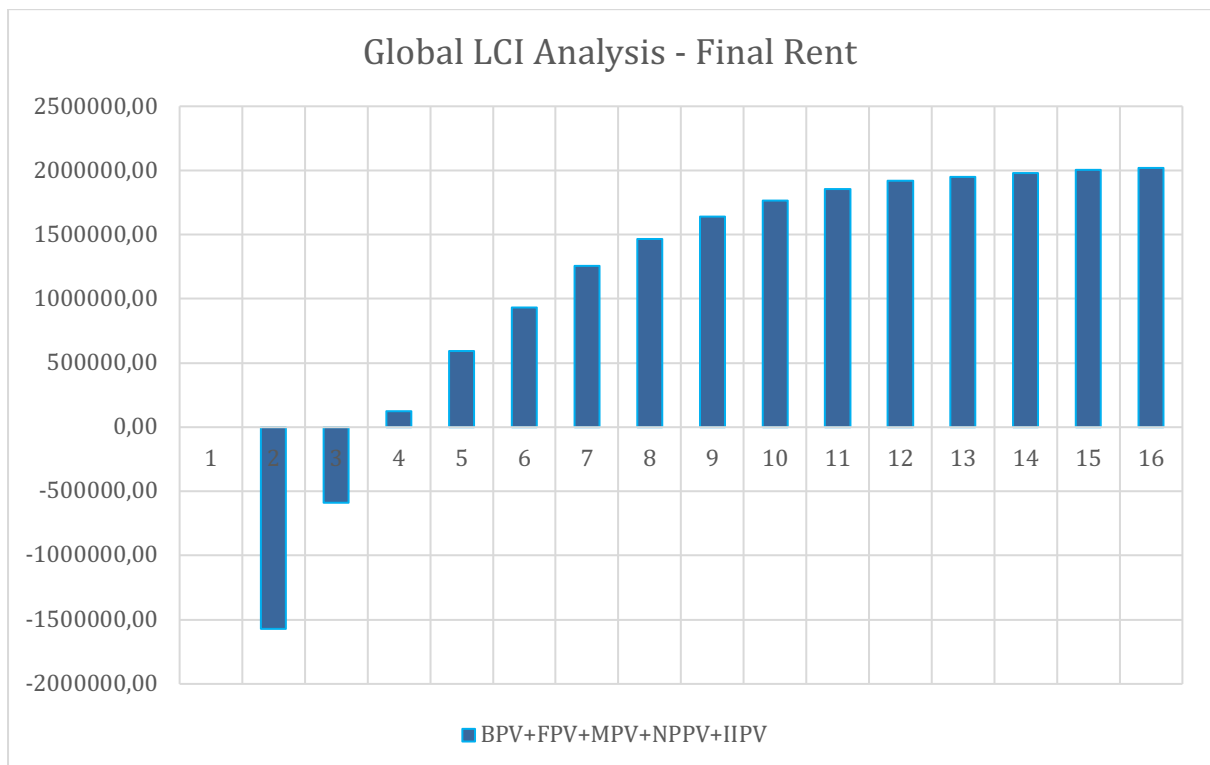


Figura 25 - Análise Global LCI/Renda Final (taxa aparente anual c/ taxa de risco)

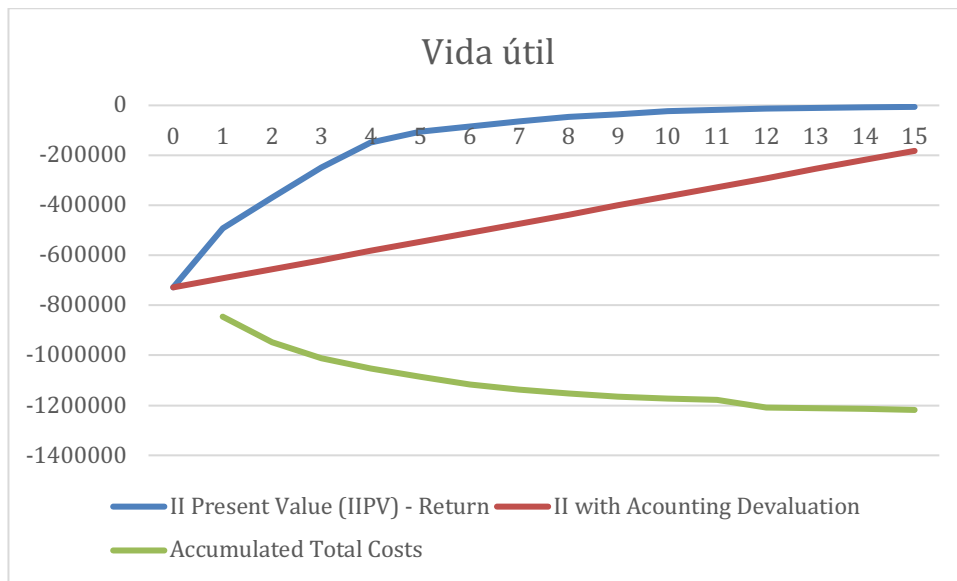


Figura 26 - Vida útil da Central Ferveença (taxa aparente anual c/ taxa de risco)

Tal como no ponto anterior, verifica-se uma grande atratividade no setor da água (atividade lucrativa), as figuras 24 e 25 verificam que a partir do ano 4 (caso o investimento fosse no ano anterior aos dados fornecidos) a empresa teria recuperado o seu investimento inicial e já estaria com margem de lucro.

Na figura 26 também é possível verificar que à medida que o ativo diminui a sua vida útil, os custos com o ativo aumentam. Este caso é semelhante ao ponto 4.2.2. e difere para o caso 4.1.1 pelo cálculo da taxa aparente que interfere com a atualização do valor presente do ativo.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho centra-se em modelos econométricos para a determinação do momento mais racional para a substituição de uma Central de Águas, tendo em conta variáveis endógenas e exógenas, nomeadamente a Taxa de Risco.

O resultado global centra-se num estudo do Ciclo de Vida de uma Central de Águas (Fervença), mas com potencial de se estender a outros tipos de infraestruturas, sistemas ou equipamentos.

Os fios condutores da investigação levada a efeito foram os seguintes: Racionalizar a gestão do ciclo de vida, a gestão do risco e o tempo da substituição da Central de Águas (Fervença).

Este trabalho permitiu analisar os modelos de depreciação aplicá-los à Central da Fervença, nomeadamente o Método linear de depreciação, o Método da soma dos dígitos e o Método exponencial.

No que toca à escolha de um método de depreciação, sem considerar o investimento, dever-se-á escolher o método linear. Caso se considere o investimento, o método escolhido deverá ser o método da soma de dígitos.

Os aspetos económicos foram orientados por indicadores diversos, tais como os custos associados à aquisição, manutenção, operação, cash flow, entre outros.

O projeto suportou-se em ferramentas clássicas para determinação do momento mais racional de substituição de ativos físicos, mas tomando como referência as diversas taxas (taxa inflação, taxa de juros e taxa de risco) e a sua relação com o LCC, aplicadas a dados reais de uma empresa do Sector das Águas.

O estudo demonstra ainda que existe uma variação no tempo mais racional de substituição da central, obtida pelos diversos métodos de cálculo usados, nomeadamente, o método da Renda Anual Uniforme, da Minimização do Custo Médio Total e da Minimização do Custo Médio Total com redução ao valor presente.

Deste modo, constatamos que o método MCMT-RVP foi o que permitiu identificar um período de substituição da Central de Águas de Fervença compreendido entre 2019 e 2020 (taxa aparente anual e taxa aparente anual com investimento). Este deve corresponder ao período mais racional de substituição, visto que existe uma inversão na trajetória do custo de posse. Note-se que esta “substituição” ocorreu no ano de 2019; assim, pode-se considerar que se reformou (recuperação como nova) a Central da Fervença atempadamente e de forma preventiva.

Da aplicação do MRAU e MCMT não foi possível obter resultados que permitam concluir o momento mais adequado à substituição, por não apresentar valores mínimos em ambos os modelos.

Demonstra-se, ainda, a influência das variáveis endógenas e exógenas, nomeadamente: custos manutenção, custos de operação, taxa de inflação, taxa de capitalização, e por fim da taxa de risco na determinação do momento mais racional de substituição deste tipo de ativo físico.

O projeto apresenta ainda uma visão geral de um modelo inovador de substituição de ativos físicos, através de um modelo global, com ênfase no Life Cycle Investment (LCI) e da vida útil da Central Fervença.

O projeto discute também as relações entre o modelo anterior e o retorno sobre o Investimento (ROI – Return On Investment), um indicador financeiro para avaliar o desempenho financeiro de um ativo, mostrando o momento em que o ativo começa a gerar lucros para a empresa.

Concluimos que a Taxa de Risco é um valor muito relevante nos modelos de cálculo do ciclo de vida de ativos, assim sendo, recorreu-se a uma abordagem fuzzy para a sua quantificação e posteriormente utilizar esse valor nos diversos modelos estudados.

A realização deste trabalho tem alguns *handicaps* pois o ativo em estudo foi adjudicado em 1969 e iniciou atividade em 1970. Com a mudança de gestão e alterações de programas de contabilidade só foi possível reunir dados de custos de operação, manutenção e de investimento desde 2008.

Assim, consegue-se aplicar os modelos essenciais para o cálculo do ciclo de vida do ativo, porém os resultados finais teriam o rigor incrementado se a série temporal dos dados estivesse completa.

Note-se que a empresa Inova não gere apenas a exploração de água, mas também o serviço de saneamento, de recolha de resíduos, de limpeza urbana, das piscinas municipais, do URBIN (transportes urbanos) e exploração da EXPOFACIC.

Pretende-se que a partir deste trabalho os métodos utilizados sejam extrapolados para os ativos da empresa e posteriormente se constitua um modelo que reúna todos os ativos de forma a auxiliar o Concelho de Administração nas tomadas de decisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adepu, N., Kermanshachi, S., Safapour, E., & Pamidimukkala, A. (2022). Challenges and Risks in Resilience Management of Water and Wastewater Infrastructure. Construction Research Congress 2022. Arlington, Virginia.

Alegre, H., Amaral, R., Brito, R. S., & Baptista, J. M. (2020). Public policies as strategic asset management enablers: the case of Portugal. *H2Open Journal*, 3(1), 428-436. doi: 10.2166/h2oj.2020.052

E. Pais; J.T. Farinha; H. Raposo (2020). "ISO 55001 - A PRAGMATIC PROPOSAL FOR DIAGNOSIS AND IMPLEMENTATION". Proceedings IRF2020: 7th International Conference Integrity-Reliability-Failure. J.F. Silva Gomes and S.A. Meguid (editors), INEGI-FEUP (2020), Paper Ref: 17210: 739-742. ISBN: 978-989-54756-1-2 - https://paginas.fe.up.pt/~irf/Proceedings_IRF2020/

Farinha, J. M. T. (2011): *Manutenção – A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão*. Lisboa: 1a Edição, Monitor – Projecto e Edições, Lda. ISBN 978-972-9413-82-7.

Hu, Q., & Zhang, X. (2023). Three-Way Fuzzy Sets and Their Applications (III). *Axioms*, 12(1), 57. <https://doi.org/10.3390/axioms12010057>

ISO 55000:2014 (2016) - Asset management - Overview, principles and terminology.

ISO 55001:2014 - Asset management - Management systems – Requirements.

ISO 55002:2014 - Asset management - Management systems - Guidelines for the application of ISO 55001.

ISO 31000 (2018) – Gestão do Risco – Linhas de orientação.

ISO 31010 (2019) – Risk assessment techniques.

Jones, M., Williams, W., & Stillman, J. (2014). The evolution of asset management in the water industry. *Journal - American Water Works Association*, 106(8), 140–148. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2014.106.0114>

Klir, G. J., & Yuan, B. (1996). Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications. Possibility Theory versus Probab. Theory, 32(2), 207-208, ISBN 0-13-101171-5.

Singh, A. J., Kline, R. D., Ma, Q., & Beals, P. (2012). Evolution of hotel asset management: The historical context and current profile of the profession. *Cornell Hospitality Quarterly*, 53(4), 326-338. DOI: 10.1177/1938965512458351

Zadeh, L. A., Klir, G. J., & Yuan, B. (1996). Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers (Vol. 6). World scientific, <https://doi.org/10.1142/2895>

Zimmermann, H. J. (2011). Fuzzy set theory—and its applications. Springer Science & Business Media.