

**Avaliação de custos no ciclo de vida de infraestruturas
rodoviárias com recurso ao *software* LCC AM/QM**

Luísa Moreira Albuquerque e Castro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores

Professor Doutor Nuno Gonçalves Cordeiro Marques de Almeida

Professor Doutor Carlos Paulo Oliveira da Silva Cruz

Júri

Presidente: Professor Doutor Augusto Martins Gomes

Orientador: Professor Doutor Nuno Gonçalves Cordeiro Marques de Almeida

Vogal: Engenheira Ana Filipa das Neves Rodrigues Marques Couto Salvado

Outubro de 2016

Resumo

A análise do custo de ciclo de vida como ferramenta de suporte à gestão de activos tem tido um crescimento exponencial ao longo dos últimos anos, em vários sectores. Para o sector da construção, em particular, verifica-se que a sua aplicação promove optimizações significativas no planeamento financeiro dos empreendimentos de engenharia.

A presente dissertação apresenta uma proposta de metodologia para a análise de custos no ciclo de vida de infraestruturas, baseado em normas europeias e internacionais. Esta proposta visa demonstrar a aplicação deste tipo de análises ao sector da construção, utilizando para isso um caso de estudo do sector rodoviário. O caso de estudo consiste na construção e exploração de uma autoestrada na América do Sul, por parte de uma empresa concessionária.

Esta dissertação envolve ainda a utilização de um *software* comercial especializado como ferramenta de cálculo de apoio a análises do ciclo de vida. Este *software* designa-se LCC AM/QM – *Life cycle cost asset management/quantitative methods* – e foi desenvolvido pela empresa S&G Asset Management, sediada na Holanda.

Os resultados obtidos através da aplicação da metodologia e das análises realizadas com o *software* LCC AM/QM revelam a grande importância do estudo de todo o ciclo de vida da autoestrada. Este *software* permitiu executar vários tipos de análises, revelando-se muito útil ao nível do estudo de actividades de manutenção e da execução de simulações de diferentes cenários possíveis.

Palavras-chave: gestão de activos, análise de custo de ciclo de vida, *software* LCC AM/QM, Infraestruturas rodoviárias

Abstract

The use of life cycle cost analysis as a supporting tool for asset management has grown exponentially over the years, in several sectors. For the construction sector, particularly, it has been verified that the use of this analysis promotes significant optimization in the financial planning of engineering enterprises.

The present dissertation introduces a methodology proposal for life cycle cost analysis of infrastructures, based on european and international norms. This proposal intends to demonstrate the implementation of this type of analysis in the construction sector, using a case study from the road sector. The case study concerns the construction and exploration of a highway in South America, by a concessionary company.

Additionally, this study uses a specialized commercial *software* as a calculation tool to support life cycle cost analysis. This *software* is named LCC AM/QM - Life cycle cost asset management/quantitative methods – and it was developed by S&G Asset Management, a company based in Holland.

The results obtained from the application of this methodology and from the analysis performed with the LCC AM/QM *software* revealed the importance of studying the whole life cycle of the highway. With the use of the *software* it was possible to perform several types of analysis, which shows how useful this *software* can be when it comes to studying maintenance activities and performing simulations for several different possible scenarios.

Key-words: asset management, life cycle cost analysis, *software* LCC AM/QM, road infrastructures

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer aos meus pais pela educação que me deram e por todas as oportunidades que me ofereceram ao longo dos anos. Em conjunto, à minha família e amigos que sempre se disponibilizaram para ouvir os meus desesperos e esforços constantes ao longo desta dissertação e que com toda a paciência do mundo me apoiaram.

Queria ainda agradecer ao Professor Nuno Almeida e ao Professor Carlos Oliveira, por todo o apoio e orientação que prestaram ao longo da realização deste trabalho. Agradecer também à S&G Asset Management, nas pessoas de Tonny Dierckx e Hans Hasenack, por terem possibilitado a utilização do *software* LCC AM/QM e se terem disponibilizado para o esclarecimento de questões técnicas relacionadas com a utilização do mesmo.

Tenho de agradecer obviamente à minha amiga Madalena que me fez tanta companhia durante todos estes dias de trabalho.

Aos amigos que fiz durante este percurso académico, Vitória, Vera, David Ivo, Nono, Henrique, Manuel, David e Francisco.

Um muito obrigado a todos!

Índice de Conteúdos

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos.....	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Índice de Gráficos.....	xv
Abreviaturas	xvii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e âmbito da tese	1
1.2. Objetivos da tese.....	1
1.3. Metodologia e organização da tese	2
2. Revisão de conhecimentos	5
2.1. Gestão de Ativos Físicos.....	5
2.2. Custo do ciclo de vida (CCV)	5
2.3. Custo do ciclo de vida (CCV) de infraestruturas rodoviárias	5
3. Metodologia de análise do custo do ciclo de vida (ACCV)	9
3.1. Considerações gerais sobre a metodologia de ACCV	9
3.2. Passos da metodologia de ACCV	12
4. <i>Software</i> comercial de ACCV.....	27
4.1. Considerações sobre <i>softwares</i> comerciais disponíveis.....	27
4.2. LCC AM/QM	30
5. Aplicação da metodologia de ACCV ao caso de estudo	33
5.1. Descrição do caso de estudo	33
5.2. Limitações da aplicação da metodologia de ACCV	33
5.3. ACCV do empreendimento rodoviário.....	34
6. Execução da ACCV do caso de estudo com recurso ao <i>software</i> LCC AM/QM.....	39
6.1. Abordagem adoptada	39
6.2. Base de dados.....	40
6.3. Informatização dos dados	46
6.4. Execução da ACCV	52

6.5.	Simulações da ACCV	69
6.6.	Discussão de resultados	73
7.	Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	77
7.1.	Conclusões	77
7.2.	Desenvolvimentos futuros	79
8.	Referências bibliográficas	81

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema que ilustra a metodologia e organização da tese	2
Figura 2 - Fluxograma da metodologia da ACCV	10
Figura 3 - Comparação entre as diferentes metodologias e nomenclaturas	13
Figura 4 - Fases do ciclo de vida do activo adaptado da norma EN 16627	15
Figura 5 - Níveis da ACCV adaptado da norma ISO 15686-5	19
Figura 6 - Identificação dos módulos da ACCV adaptado da norma EN 1667	22
Figura 7 - <i>Software</i> CoSMo MONA (http://www.thecosmocompany.com/mona-overview/)	28
Figura 8 - Áreas de aplicação do <i>software</i> Copperleaf C55 (http://www.copperleaf.com/)	28
Figura 9 - Princípios do LSC Group (LSC Group, 1988).....	29
Figura 10 - Exemplo dos dados referentes as actividades da análise do LCC AM/QM (S&G Asset Management, 2016)	31
Figura 11 - Exemplo de uma análise automática do LCC AM/QM (S&G Asset Management, 2016).....	32
Figura 12 - Hierarquia de custos no LCC AM/QM.....	46
Figura 13 - Primeiro nível da hierarquia de custos	47
Figura 14 - Introdução dos dados referentes à consultoria (exemplificação de custo variado)..	49
Figura 15 - Introdução dos dados referentes ao investimento em sistemas (exemplificação de custo de investimento).....	49
Figura 16 - Introdução dos dados referentes ao projecto e obra (exemplificação de custo de produção).....	50
Figura 17 - Introdução dos dados referentes à manutenção regular de pavimentos (exemplificação de custo de manutenção).....	50
Figura 18 - Repetição dos custos dos módulos A5.1, A5.2 e A5.3.....	51
Figura 19 - Criação de uma categoria de custos	51
Figura 20 - Análises realizadas para o caso de estudo	52
Figura 21 - “Análise de construção (custos originais)” – Configurações de cálculo	53
Figura 22 - “Análise de construção (custos originais)” – Selecção de dados	53
Figura 23 - “Análise de construção” segundo os módulos da metodologia	55
Figura 24 - “Análise de utilização” – Configurações de cálculo	57
Figura 25 - Análises do ciclo de vida com variação da taxa de juro	71
Figura 26 - Análise do ciclo de vida com taxa de juro de 0%	71
Figura 27 - Análise do ciclo de vida com taxa de juro de 2%	72

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Metodologia e respectivas fontes da ACCV	11
Tabela 2 - Proposta de classificação de custos da ACCV	21
Tabela 3 - Conteúdos a abordar no relatório final da ACCV.....	25
Tabela 4 - Identificação dos custos a apresentar no relatório final da ACCV adaptada da EN 16627.....	26
Tabela 5 - Tipo e respectiva classificação de objecto/custo (S&G Asset Management, 2016)..	31
Tabela 6 - Aplicabilidade dos passos da proposta de metodologia ao caso de estudo	33
Tabela 7 - Resumo dos custos referentes à fase de construção do caso de estudo	36
Tabela 8 - Identificação dos custos aplicáveis ao caso de estudo	37
Tabela 9 - Custos totais e respectivas percentagens da ACCV	41
Tabela 10 - Custos anuais e globais da fase de construção	42
Tabela 11 - Custos anuais da fase de utilização de 2021 a 2032	43
Tabela 12 - Custos anuais da fase de utilização de 2033 a 2043	44
Tabela 13 - Custos anuais da fase de utilização de 2044 a 2054	45
Tabela 14 - Categorias de custos (LCC AM/QM)	48

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Análise da fase de construção segundo os custos originais disponibilizados	54
Gráfico 2 - Análise da fase de construção segundo os módulos da metodologia	56
Gráfico 3 - Análise da fase de construção segundo os módulos da metodologia (circular)	56
Gráfico 4 - Análise da fase de construção segundo os módulos da metodologia (barras)	57
Gráfico 5 - Análise da fase de utilização por módulos da metodologia (circular)	59
Gráfico 6 - Análise da fase de utilização por módulos da metodologia (barras).....	60
Gráfico 7 - Análise da fase de utilização - Manutenção	61
Gráfico 8 - Análise da fase de utilização – Classificação da manutenção.....	62
Gráfico 9 - Análise total do ciclo de vida por fases da metodologia (circular)	63
Gráfico 10 - Análise total do ciclo de vida total por módulos da metodologia (circular).....	64
Gráfico 11 - Análise total do ciclo de vida total por módulos da metodologia (barras).....	64
Gráfico 11 - Custos médios anuais	65
Gráfico 13 - Análise total do ciclo de vida anual por módulo da metodologia (barras).....	66
Gráfico 14 - Análise total do ciclo de vida por tipo de custo	67
Gráfico 15 - Análise total do ciclo de vida – Classificação de custos variados.....	68
Gráfico 16 - Simulação durante a fase de utilização (LCC AM/QM).....	70
Gráfico 17 - Comparação das análises de ciclo de vida com variação da taxa de juro vida com variação da taxa de juro	72

Abreviaturas

ACCV	Análise do custo de ciclo de vida
CAL	Custo Actual Líquido
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> (Despesas de Capital)
CCV	Custo do ciclo de vida
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i> (Comité Europeu de Normalização)
CLF	Código ISO para a Unidade de Fomento
IAM	<i>Institute of Asset Management</i> (Instituto de Gestão de activos)
IC	Itinerário Complementar
IP	Itinerário Principal
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
IT	<i>Information Technologies</i> (Tecnologias de Informação)
MEE	Manutenção extraordinária estrutural
MRP	Manutenção regular de pavimentos
MO	Manutenção ordinária
OPEX	<i>Operational Expenditure</i> (Despesas de Operação)
SAP	<i>System Analysis and Programn Development</i> (Análise de Sistemas e Desenvolvimento de <i>software</i>)
SEI	Substituição de elementos da infraestrutura
SIT	Substituição de sistemas de IT
SWOT	<i>Strenghts, Weakness, Opportunities and Threats</i> (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)
UF	Unidade de Fomento
VAL	Valor Actual Líquido
M€	Milhões de euros

1. Introdução

1.1. Enquadramento e âmbito da tese

A análise do custo do ciclo de vida é uma metodologia conhecida que vem assumindo cada vez maior importância no contexto da gestão de activos físicos e, conseqüentemente, cada vez maior aplicação nos empreendimentos de construção. Porém, ainda há um longo caminho a ser percorrido no que toca à utilização e optimização desta ferramenta de gestão no sector da construção, de modo a que se possa considerar não só o investimento inicial de ativos mas também os custos e investimentos a longo prazo, ao nível da manutenção, operação e fim de vida dos ativos construídos.

Têm sido publicadas normas, tanto europeias como internacionais, que visam o forte desenvolvimento desta análise e que demonstram o grande impacto que esta pode implicar para a gestão de ativos, nomeadamente em infraestruturas de engenharia.

A presente dissertação foca-se essencialmente na aplicação da ACCV a infraestruturas rodoviárias, explorando o potencial da metodologia no controlo e previsão de custos dos ativos ao longo de todo o seu ciclo de vida, por forma a otimizar a sua utilização ao nível de custos e funcionalidades.

1.2. Objetivos da tese

O objectivo essencial desta dissertação passa por identificar a importância e influência que a análise do ciclo de vida tem sobre o apoio a decisões relacionadas com infraestruturas rodoviárias e explorar os benefícios que decorrem de uma modelação e análise dos custos associados às diferentes fases do ciclo de vida deste tipo de infraestruturas.

Para tal, pretende-se desenvolver uma proposta de metodologia de análise de custo de ciclo de vida, tendo por base normas e metodologias ordenadas e estruturadas, facilitando assim a sua aplicação. Pretende-se ainda, testar a implementação desta metodologia em contexto geral, recorrendo-se para isso a um caso de estudo que permita analisar custos associados a diferentes fases do ciclo de vida de infraestruturas rodoviárias. Outro objectivo desta tese é testar a metodologia desenvolvida, recorrendo a um *software* comercial desenvolvido especialmente para análises do ciclo de vida de ativos físicos.

Após os resultados obtidos pretende-se identificar quais os custos e parâmetros financeiros do projecto que podem ser alvo de uma maior tentativa de optimização e ainda avaliar a adequação do modelo desenvolvido ao sector rodoviário e as contribuições e limitações provenientes da utilização do *software* comercial seleccionado: LCC AM/QM.

Em suma, o objectivo principal desta tese é desenvolver uma proposta de metodologia de ACCV, testá-la através da sua aplicação ao caso de estudo, utilizando como ferramenta de apoio um *software* comercial específico, designado LCC AM/QM.

1.3. Metodologia e organização da tese

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos, onde se apresentam os trabalhos desenvolvidos, por forma a se atingirem os objectivos definidos anteriormente. A Figura 1, pretende ilustrar a metodologia e organização da presente dissertação conforme os capítulos definidos. A organização desta dissertação é determinada pelos seus objectivos. Parte deste trabalho é desenvolvido ao nível da metodologia de ACCV, enquanto a outra parte, foca-se na utilização do *software* comercial LACC AM/QM para a execução da ACCV. Contudo, os capítulos 1, 2 e 7 englobam estas duas vertentes.

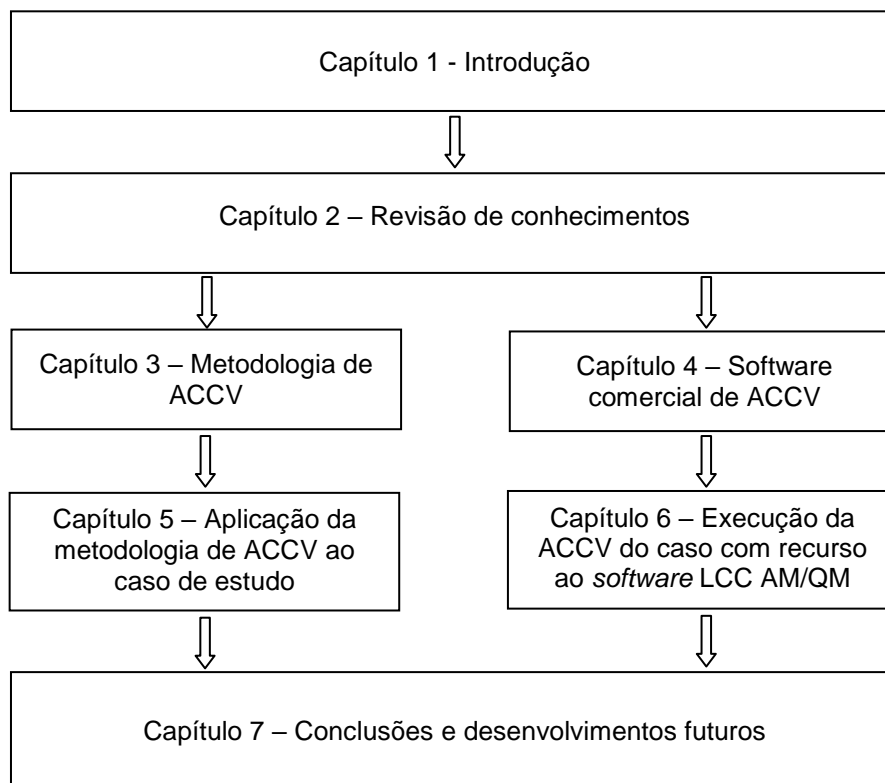


Figura 1 - Esquema que ilustra a metodologia e organização da tese

No presente capítulo 1, faz-se um enquadramento e identificação da presente dissertação, são definidos os seus objectivos e é ainda, descrita a sua metodologia e organização.

No capítulo 2 é realizada a revisão de conhecimentos necessária para dar início ao desenvolvimento dos trabalhos da dissertação. A revisão de conhecimentos é uma ferramenta essencial para qualquer trabalho científico, na medida em que permite a percepção do estado de desenvolvimento do tema em causa. Para tal, foi necessária uma pesquisa bibliográfica intensiva de artigos científicos, normas e guias técnicos conduzida essencialmente através de bibliotecas científicas como o *Science Direct* e o *Google Scholar*. Desta forma, são descritos alguns conceitos fundamentais para a realização da tese, nomeadamente, o conceito da gestão de activos físicos e o custo de ciclo de vida. Ao longo deste capítulo, são apresentadas algumas das principais conclusões de trabalhos científicos e guias

técnicos relacionados com o tema em estudo, fazendo referência aos conceitos fundamentais mencionados e ainda à aplicação do conceito de CCV a infraestruturas rodoviárias

No capítulo 3, são descritas as normas e metodologias utilizadas para o desenvolvimento de uma proposta de metodologia de análise de ciclo de vida. A presente dissertação encontra-se fortemente apoiada sobre as normas ISO 15686-5 (2008) e EN 16627 (2015) e ainda sobre a metodologia de Langdon (2007a). É então, desenvolvida uma proposta genérica para servir de aplicação a qualquer activo, tendo contudo, especial atenção a determinados aspectos que podem ter um maior impacto em infraestruturas rodoviárias. Desta forma, são descritas todas as etapas referentes a cada passo dessa metodologia, bem como os conteúdos necessários à sua execução.

Tendo em conta que o objectivo da dissertação passa em grande parte pela utilização de um *software* comercial, foi desenvolvido o capítulo 4, com o intuito de dar a conhecer o *software* LCC AM/QM, bem como algumas das ferramentas de cálculo existentes actualmente que permitem aprofundar as funcionalidades do *software* utilizado ao longo desta dissertação. Desta forma, são apresentadas algumas destas ferramentas, sendo excluídas do âmbito desta tese, soluções informáticas baseadas em folhas de cálculo. A escolha do *software* LCC AM/QM resultou num grande desafio e inovação devido à sua pouca utilização e informação em Portugal, contudo demonstrou ser uma ferramenta extremamente eficaz para o tipo de análise realizada no âmbito da dissertação em estudo. Neste sentido, foi necessário um forte apoio sobre o manual do LCC AM/QM, na medida em que permitiu a aprendizagem das funcionalidades deste *software*.

Posteriormente, no capítulo 5, pretende-se desenvolver e testar a aplicação da proposta de metodologia de ACCV, apresentada no capítulo 3, ao caso de estudo. Para tal, é feita uma descrição do caso de estudo e são identificadas as limitações e aplicabilidades dos passos da metodologia proposta.

A execução e os resultados da análise do caso de estudo, com recurso ao *software* comercial, apresentam-se no capítulo 6. Neste capítulo identifica-se a abordagem adoptada no presente trabalho e é feita a descrição e organização da base de dados utilizada. De seguida, é explicado o modo de informatização dos dados no LCC AM/QM, bem como o modo de funcionamento do mesmo, através da apresentação da execução das análises. São também apresentadas simulações realizadas com recurso ao *software* que visam estudar cenários e obter optimizações dos resultados obtidos. Ainda neste capítulo é realizada a discussão dos resultados obtidos a todos os níveis, desde a aplicação da metodologia, até à utilização do *software*, remetendo sempre para o caso de estudo analisado.

Por fim, são descritos os principais contributos desta dissertação, bem como aspectos que revelem potencial interesse para desenvolvimentos futuros, que possam vir a enriquecer o presente trabalho, aplicados tanto ao nível da metodologia como ao nível de *software* comerciais.

2. Revisão de conhecimentos

2.1. Gestão de Ativos Físicos

Segundo a ISO 55000, a gestão de ativos físicos define-se como um conjunto de atividades coordenadas de uma organização, por forma a realizar o valor a partir dos ativos. Esta atividade envolve um balanço de custos, riscos e oportunidades e ainda a sua respectiva abordagem, planeamento e implementação.

Contudo, cada organização deve definir os valores a considerar e a estratégia de gestão de ativos a aplicar por forma a dar origem a uma solução óptima ideal. Segundo o IAM (*Institute of Asset Management*) existem evidências que comprovam que uma gestão eficaz de ativos consegue melhorar o desempenho das organizações na medida em que antecipa estratégias para diferentes cenários, custos e riscos e permite ainda reduzir significativamente o custo de gestão de ativos ao longo de toda a sua existência.

2.2. Custo do ciclo de vida (CCV)

O custo do ciclo de vida é uma técnica utilizada para prever e avaliar todos os custos relacionados com os ativos. De uma forma geral, estes custos incluem uma comparação entre estimativas de custos futuros ao nível de projeto, concepção e desenvolvimento (ISO 15686-5, 2008).

A análise do custo do ciclo de vida é um processo de avaliação de desempenho económico de um activo, ao longo de toda a sua existência. Esta análise realiza um balanço entre o investimento inicial e os custos a longo prazo de atividades relacionadas com a exploração e determina ainda o tempo necessário para que as diferentes alternativas alcancem o respectivo retorno. A análise dos custos de manutenção, operação e utilização desempenha um papel essencial no custo total do ciclo de vida das infraestruturas, pois representam um peso quase da mesma ordem de grandeza do seu investimento inicial (Standford University, 2005).

De uma forma geral, o objetivo económico no desenvolvimento de uma infraestrutura passa por tirar partido da maximização dos lucros e redução dos custos. Para tal, deve ter-se consciência de que as decisões tomadas em todas as fases da vida de um empreendimento têm consequências económicas, desde as atividades de aquisição/concepção até à sua substituição/eliminação (Langdon, 2007).

2.3. Custo do ciclo de vida (CCV) de infraestruturas rodoviárias

O conceito de custo de ciclo de vida foi originalmente desenvolvido para propósitos de suprimento no Departamento de Defesa dos Estados Unidos (White and Oswald 1976) e continua a ser muito

utilizado na indústria militar e no sector da construção (Woodward, 1997). Relativamente à aplicação a infraestruturas rodoviárias, a ACCV foi introduzida por volta de 1950, como factor de escolha entre alternativas de projectos de pavimentação (ARA, 2006).

A maioria dos métodos de CCV (Fabrycky and Blanchard, 1991) foram desenvolvidos com o intuito de serem utilizados como ferramenta de apoio à decisão, na perspectiva do cliente. Segundo a metodologia desenvolvida por Fabrycky and Blanchard (1991), existem três alternativas possíveis para estimar os valores da análise: procedimentos de engenharia, analogias ou métodos paramétricos. O método mais aconselhável é o último, é o método utilizado ao longo da presente dissertação. Devido ao facto de serem tidos em conta custos futuros, tanto a metodologia proposta por Fabrycky and Blanchard (1991) como por Woodward (1997) defendem que qualquer fluxo de caixa futura deve ter em conta taxas de actualização e inflação. Estes mesmos artigos aconselham ainda a utilização de análises de sensibilidade tendo em conta a incerteza associada a este tipo de análises, análises estas, que têm vindo a ser cada vez mais utilizadas (Babashamsi, Yusoff, Ceylan, Nor and Jenatabadi, 2016).

A Universidade de Stanford desenvolveu um processo relativo a um portefólio de activos incluindo aspectos desde o planeamento, orçamentação, projecto e construção. Tendo em conta o facto de que os custos a longo prazo de infraestruturas de engenharia vão muito para além do projecto inicial e dos custos relacionados com a construção, é necessário investir em sistemas que melhorem o desempenho a longo prazo deste tipo de análises. Desta forma, foi desenvolvido um guia técnico (*Guidelines for Life Cycle Cost Analysis*) de maneira a serem considerados não apenas os custos iniciais referentes a custos de projecto e construção mas também custos de longo prazo, incluindo custos de utilização, operação e manutenção. Foi então necessário complementar o processo relativo a um portefólio de activos já desenvolvidos com duas novas categorias: aferição de custos de operação e manutenção e execução de análises comparativas. Este estudo foi realizado para seis áreas distintas: sistemas energéticos, sistemas mecânicos, sistemas eléctricos, edifícios, instalações e sistemas estruturais. Esta ACCV envolve a identificação clara dos seus objectivos, a determinação dos seus parâmetros financeiros, a identificação e desenvolvimento de alternativas, reunir toda a informação relativa a custos e por fim, a execução dos cálculos do CCV (Stanford University, 2005).

Korpi and Ala-Risku (2008) desenvolveram um estudo que permite identificar até à data quais os sectores que mais utilizavam a ACCV como ferramenta de apoio à decisão. Segundo este estudo, identificou-se que quase dois terços dos artigos analisados eram referentes à indústria da construção, demonstrando o impacto que este tipo de análise pode ter nesta área.

Passando para uma análise mais focada no sector rodoviário, e tendo em conta que para este sector os custos relacionados com a sua manutenção representam uma percentagem significativa dos custos contraídos anualmente, é muito importante dar prioridade à eficiência na manutenção de estradas. Para o efeito, têm sido desenvolvidas diversas estratégias como por exemplo a terceirização da manutenção em mercados competitivos, o desenvolvimento de modelos de custo de ciclo de vida e ainda novas formas de financiamento (Karin, 2001).

Verifica-se que a ACCV aplicada a estradas está em crescente utilização. Contudo, ainda há um longo caminho a percorrer no que toca à inclusão de factores ambientais neste tipo de análise. Esta preocupação com a análise ambiental tem sido cada vez maior. Neste sentido, a União Europeia definiu objectivos claros quanto à redução do teor em carbono e à eficiência energética por forma a se verificar um crescimento sustentável até 2020. Os dois objectivos principais da União Europeia são a maior eficácia da gestão de resíduos ao longo de todo o seu ciclo de vida e a redução do consumo de energia através do aumento da eficiência energética (Butt, Toller and Birgisson, 2015).

Dando seguimento ao tema, foi realizado um estudo referente a infraestruturas de transporte, onde se comparam dois tipos de análises, uma incluindo a ACCV da infraestrutura e a outra excluindo esta mesma análise. A análise demonstra que os impactos ambientais indirectos representam uma parcela relevante dos custos estimados do projetos, afectando claramente a avaliação da proposta final. Em termos numéricos aplicáveis ao caso de estudo analisado, observou-se um aumento de 17% dos custos totais estimados, com a inclusão dos custos associados à poluição atmosférica decorrente de actividades de construção, manutenção e fim de vida da infraestrutura e aos veículos que nela circulam. Neste estudo foi então sugerida uma abordagem que garante uma maior qualidade de informações proporcionando aos decisores uma visão mais aprofundada dos impactos ambientais do projeto (Manzo and Salling, 2016).

Segundo outro artigo, existem várias iniciativas no mercado com objectivo de avaliar determinados aspectos relacionados com a sustentabilidade para estradas, especialmente aspectos ambientais. Na América existe o Greenroad, Envision e sistemas certificados de investimento, enquanto na Europa existem alguns sistemas de avaliação de sustentabilidade como o Ceequal e ainda iniciativas de classificação e atribuição de prémios relacionados com emissões de CO₂ e a pegada de carbono, como por exemplo a hierarquia de desempenho de CO₂ holandesa. Contudo, este estudo verificou que ainda não tinham sido desenvolvidos sistemas de avaliação que cobrissem todas as fases do ciclo de vida nem todos os pilares da sustentabilidade (ambiental, económico e social). Desta forma, desenvolveu-se um novo sistema de certificação de sustentabilidade para estradas chamado LCE4ROADS (2016) que integra os três pilares da sustentabilidade através de uma abordagem de ciclo de vida de obras de engenharia. Este modelo é aplicável à construção ou reabilitação/manutenção de estradas (futuras ou existentes) e a pavimentos em betão, sendo excluídas pontes e túneis (Flores, Montoliu and Bustamante, 2016).

3. Metodologia de análise do custo do ciclo de vida (ACCV)

3.1. Considerações gerais sobre a metodologia de ACCV

A CEN, *Comité Européen de Normalisation*, é uma organização privada internacional sediada na Bélgica que tem o principal papel de criar normas europeias, produtos e serviços para o benefício de empresas, consumidores ou utilizadores. O seu objectivo é criar padrões de alta qualidade para os produtos e serviços que incorporem os requisitos de qualidade, ambiente, segurança, interoperabilidade e acessibilidade.

Em 2012, foi publicada a norma EN 15643-4 que define uma estrutura que apresenta os princípios, requisitos e orientações da avaliação do desempenho económico de um edifício. Como complemento a esta norma, em 2015, foi desenvolvida a norma EN 16627 que desenvolve uma metodologia para esta avaliação, tendo, no entanto, por base os critérios definidos na EN 15643-4.

Assim, a norma EN 16627 foi criada com o objetivo de desenvolver regras e metodologias de cálculo que servem de base para a avaliação do desempenho económico de edifícios, como componente da análise de sustentabilidade. Apesar desta norma ser direccionada para edifícios, através de algumas adaptações é possível a sua aplicação a infraestruturas rodoviárias.

A ISO, *International Organization for Standardization*, é uma organização internacional independente que desenvolve normas internacionais estandardizadas que suportam a inovação e desenvolvem soluções para desafios globais. O presente documento foca-se essencialmente na ISO 15686-5 que apresenta diretrizes para a análise do ciclo de vida de edifícios e ativos já construídos.

Desta forma, ao longo deste capítulo, é desenvolvida uma proposta para a metodologia de análise de ciclo de vida de um ativo baseada essencialmente nas normas ISO 15686-5 e EN 16627 e ainda na metodologia de Langdon (2007a). Deve notar-se que não existe uma única metodologia para este cálculo devido a uma grande variabilidade de ativos existentes, porém, é proposta uma metodologia comum e consistente de aplicação do custo do ciclo de vida, sendo esta adaptada para o caso particular dos activos em estudo: infraestruturas rodoviárias.

A EN 16627 define uma estrutura de metodologia constituída por 16 passos, sendo 4 destes passos opcionais e referentes a análises de risco e sensibilidade e ainda a processos de verificação de resultados de acordo com avaliações realizadas anteriormente. Estes 4 passos opcionais não são abordados no âmbito da tese, não sendo portanto incluídos na metodologia proposta.

Segundo Langdon (2007a), a metodologia de análise do custo do ciclo de vida apresenta uma estrutura constituída por 15 passos, de forma semelhante ao da norma EN 16627, excluindo apenas os processos de verificação referidos no parágrafo anterior.

Desta forma, a metodologia proposta no presente estudo está estruturada segundo os 12 passos restantes referidos pela norma EN 16627 e pela metodologia Langdon (2007a), tendo por base os requisitos e normas da ISO 15686-5.

A Figura 2 é baseada na norma EN 16627 e na metodologia Langdon (2007a) e resume as etapas da metodologia através de um fluxograma, utilizando uma série de passos numerados que seguem uma determinada linha lógica de pensamento. Estes passos são ainda subdivididos por etapas referentes a processos e resultados esperados nos mesmos. Esta subdivisão é representada na Tabela 1, bem como as fontes correspondentes a cada etapa do processo.

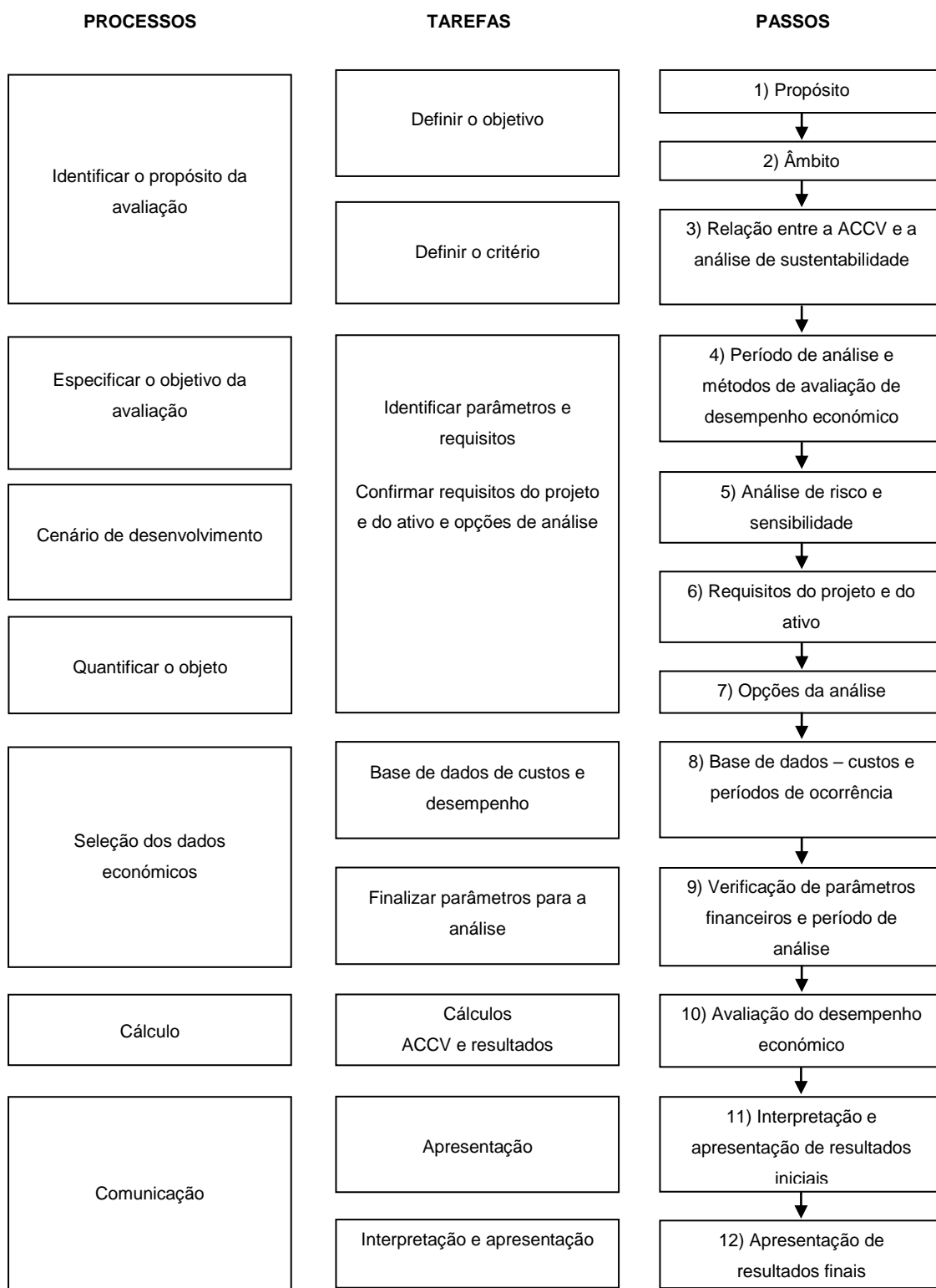


Figura 2 - Fluxograma da metodologia da ACCV

Tabela 1 - Metodologia e respectivas fontes da ACCV

Passo		Etapas	EN 16627	Langdon 2007a	ISO 15686-5
1	Propósito	Propósito da análise	6.1	1.2 e 1.4	4.1 e 4.4.1
		Tipo de aplicação/análise	-	1.2 e 1.3	
2	Âmbito	Escala de aplicação	6.1	2.2	4.4.2
		Actividades da análise		2.3 e 2.4	4.2.1 e 4.3
		Aspectos e parâmetros relevantes		2.5	4.2.2, 4.4.2 e 5.4
		Formato e conteúdo dos resultados		2.6	9.1
3	Relação entre a ACCV e a análise de sustentabilidade	Avaliação de sustentabilidade	6	3.2	6.5
		Medidas de avaliação de sustentabilidade		3.3	
		Relação entre sustentabilidade e o CCV		3.4 e 3.5	
4	Período de análise e métodos de avaliação de desempenho económico	Período de análise	7.3	4.2 e 4.3	5.2 e 5.3
		Métodos de avaliação económica	7.5 e 11	4.5 e 4.6	7 e Anexo B
5	Análise de risco e sensibilidade	Análise de risco	10	5.2 a 5.6	8.1 e 8.2
		Análise de sensibilidade		5.6, 5.7.1	8.4 e Anexo C
6	Requisitos do projeto e do ativo	Caracterização do activo e dos seus parâmetros chave	8	6.2 e 6.3	-
		Requisitos qualitativos		6.6	
		Limitações de projeto		6.7	
		Confirmação do âmbito, orçamento, calendário e programa do projeto		6.5, 6.8 e 6.9	
7	Opções da análise	Elementos do ativo a incluir	9	7.2	4.4.3, 4.4.4 Anexo D
		Opções para cada elemento		7.2 e 7.3	
8	Base de dados – custos e períodos de ocorrência	Identificar e classificar custos	7.4, 9.3 e 9.4	8.2 a 8.4	4.2.2. e 5.4
		Períodos temporais dos custos		8.5 e 8.6	
		Base de dados	10.4	8.7	4.5 e 4.6
9	Verificação de parâmetros financeiros e período de análise	Verificação do período de análise	10	9.2	-
		Verificação dos parâmetros financeiros e métodos de avaliação económica		9.3 a 9.5	-
10	Avaliação do desempenho económico	Informatizar custos e períodos temporais	11	11.2 e 11.3	Anexo A
		Executar a ACCV		11.4	
11	Interpretação e apresentação de resultados iniciais	Revisão e interpretação dos resultados	12	14.3	-
		Apresentação dos resultados no formato indicado		14.2 e 14.4	-
		Identificar a necessidade da continuação da análise		14.6	-
12	Apresentação de resultados finais	Relatório final	12	15.2 a 15.4	9.1
		Registos para auditoria		15.5	9.3
		Testar a validade dos CCV	13	15.6	4.9

3.2. Passos da metodologia de ACCV

Passo 1 - Propósito da ACCV

Etapas principais do passo 1:

- Definir o propósito da análise;
- Definir o tipo de aplicação/análise.

Segundo a EN 16627, o objetivo essencial desta avaliação passa por quantificar o desempenho económico no ciclo de vida do ativo em análise, sendo a presente metodologia desenvolvida especialmente para infraestruturas rodoviárias.

A ACCV permite auxiliar a tomada de decisões e a avaliação de processos, tendo ainda a possibilidade de incluir no seu estudo avaliações de áreas distintas. Para que esta metodologia seja bem-sucedida, é essencial que o cliente apresente os objetivos concretos da análise e da utilização dos resultados decorrentes dessa mesma análise, conforme indicado no Req. 4.4.1. da ISO 15686-5.

Genericamente, e de acordo com Langdon (2007a), o objetivo deste passo é identificar de forma clara o objetivo da análise, definir o método de aplicação mais apropriado e benéfico para a avaliação e indicar os resultados esperados do método de avaliação adaptado.

É também nesta fase que se define o tipo de análise, podendo este ser dividido em duas áreas distintas conforme o ativo em estudo. A análise absoluta é utilizada como ferramenta de suporte aos processos de planeamento e orçamentação para investimentos de ativos construídos e a análise relativa é utilizada para servir de base a decisões relativas a ativos a construir, como investimentos e projetos.

Passo 2 - Âmbito da ACCV

Etapas principais do passo 2:

- Determinar a escala de aplicação;
- Identificar atividades presentes na análise;
- Definir aspectos e parâmetros relevantes para a análise;
- Definir o formato e conteúdos específicos dos resultados exigidos pelo cliente.

O âmbito da avaliação de obras de engenharia em termos económicos, deve ser definido e documentado antes do desenvolvimento da avaliação, tal como define a EN 16627.

Segundo a metodologia de Langdon (2007a), a escala de aplicação pretende definir se a ACCV se aplica a um ativo, conjunto de ativos ou ativos específicos (componente, material ou sistema de ativos). Esta etapa é definida pelo cliente tendo em conta os objetivos assinalados no passo 1.

De seguida, deve indicar-se quais as atividades que decorrem ao longo desta avaliação bem como, em que fases do ciclo de vida estas estão inseridas. A Figura 3 pretende comparar a metodologia de Langdon (2007a), a norma ISO 15686-5 e a norma EN 16627 em termos de nomenclaturas e metodologias adotadas. Ao longo da presente dissertação, são adoptadas as nomenclaturas

referentes às fases do ciclo de vida propostas pela EN 16627, por ser este o documento mais atualizado e adequado para a análise em causa.



Figura 3 - Comparação entre as diferentes metodologias e nomenclaturas

Após a identificação das atividades, deve indicar-se se a intervenção é única ou se pelo contrário, existem várias intervenções executadas num contexto mais alargado, servindo de apoio a diferentes decisões realizadas ao longo de diferentes fases do ciclo de vida do ativo. No segundo caso, é realizada uma constante revisão e refinamento da informação conforme o projeto vai avançando ao longo das sucessivas fases indicadas (Langdon, 2007a).

Torna-se ainda necessário indicar o nível de detalhe da análise ou das suas actividades, conforme definido no Req. 4.4.2 da ISO 15586-5. A ACCV apresenta diferentes níveis de detalhe (estratégico, sistémico e detalhado) que ocorrem ao longo de diferentes fases do ciclo de vida do activo, sendo estes abordados e aprofundados no passo 7, onde são definidas as opções para cada elemento do activo a incluir.

Ainda neste passo, devem ser apresentados pelo cliente aspectos que possam vir a ser relevantes para a análise, como custos ou parâmetros específicos que devem ser incluídos ou excluídos, a identificação do período de análise na medida em que abrange a totalidade do ciclo de vida do activo ou apenas parte dela, ou qualquer outro aspecto que tenha especial importância na definição de passos futuros.

Caso haja requisitos específicos por parte do cliente referente à apresentação dos resultados finais da análise, este facto deve ser mencionado neste passo.

Passo 3 - Relação entre a ACCV e a análise de sustentabilidade

Etapas principais do passo 3:

- Executar a avaliação da sustentabilidade;
- Definir as medidas de avaliação de sustentabilidade;
- Identificar a relação entre a sustentabilidade e o CCV.

Segundo a norma ISO 15686-5, as decisões tomadas por forma a atingir uma construção sustentável passam por incluir na sua análise aspectos técnicos, ambientais, económicos e sociais. Na ACCV, devem ser considerados unicamente custos diretos relacionados com o activo construído ou qualquer activo que influencie economicamente a análise, de maneira a ser evitada a duplicação de custos.

A metodologia de Langdon (2007a) identifica três vertentes interligadas de impactos de sustentabilidade: ambiental, social e económica. Por vezes, torna-se difícil medir e incluir os impactos de sustentabilidade na análise do ciclo de vida, porém, não deixa de ser um aspecto essencial a ter em conta. Esta metodologia dá especial ênfase à vertente ambiental, e define diversas abordagens para ter em conta estes impactos: a avaliação do ciclo de vida que aborda aspectos e impactos ambientais ao longo de toda a vida do activo, a avaliação dos impactos ambientais que identifica os possíveis impactos da decisão tomada, e a análise multicritério que identifica primeiramente os objetivos e propõe soluções para os mesmos. Contudo, a avaliação do ciclo de vida acaba por ser a abordagem mais utilizada devido à sua versatilidade e reconhecimento. O principal problema prende-se pelas diferenças entre a ACCV e a avaliação do ciclo de vida, sendo a primeira uma análise que tem por base os custos de activos associados a outputs expressos em termos financeiros, enquanto a última análise tem por base o potencial de impactos ambientais através de um critério de pontuações e classificações, sendo muitos destes fatores ambientais impossíveis de serem expressos em termos financeiros. Portanto, de uma forma geral, é necessário identificar quais são os outputs da análise de sustentabilidade que servem como *inputs* para a análise de ciclo de vida e vice-versa.

Passo 4 - Período de análise e métodos de avaliação de desempenho económico

Etapas principais do passo 4:

- Determinar o período de análise do projecto;
- Definir os métodos de avaliação económica a aplicar.

Conforme o referido no Req.5.3 da ISO 15686-5, o período de análise deve ser definido pelo cliente, e, de preferência deve igualar a duração do ciclo de vida do ativo. Contudo, o período pode exceder o ciclo de vida do ativo, desde que esteja explicitamente indicado no relatório. Pode ainda ser necessária a consideração de custos correspondentes a períodos fora do período de análise considerado, caso estes representem um impacto significativo nos custos de propriedade do cliente. Deve ainda ser tida em conta a obsolescência na medida em que esta pode reduzir a vida útil de um determinado ativo originando o final da sua vida útil funcional ou alterações quanto à sua utilização inicial.

A norma EN 16627 define o período de análise como um período de referência que tendencialmente deve ser igual à vida de serviço do activo (Figura 4). Contudo, também esta norma permite desvios em relação à vida de serviço do activo, dependendo do seu tipo de utilização, dos requisitos do cliente ou até mesmo de regulamentos nacionais. Quando o período de referência é inferior à vida de serviço do activo, os custos de fim de ciclo de vida são calculados e de seguida descontados tendo em conta as taxas de actualização adequadas para o final da vida de serviço do activo. Quando o

período de referência for superior à vida de serviço do ativo, é necessário ter em conta actividades de restauração ou demolição e eventual construção de um activo semelhante.

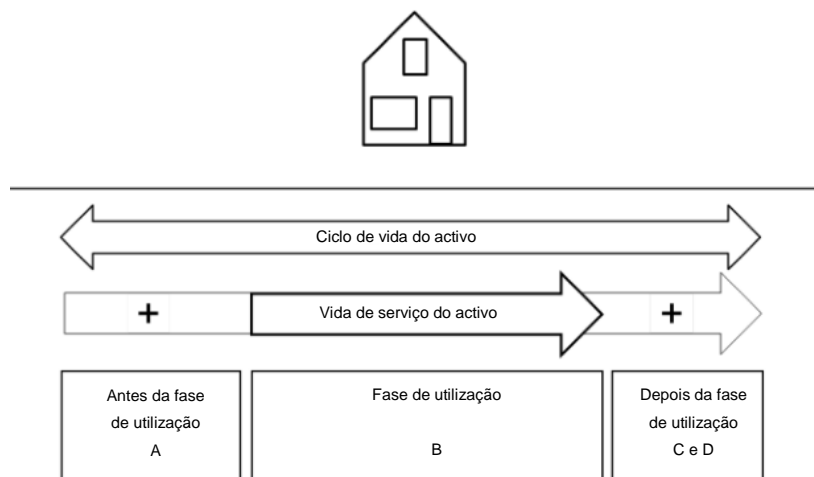


Figura 4 - Fases do ciclo de vida do activo adaptado da norma EN 16627

Tanto no ponto 4.5 da metodologia de Langdon (2007a) como no Anexo B e no Req.7 da ISO 15686-5, são sugeridos vários métodos de avaliação: o Valor Actual Líquido (VAL), período de retorno, poupança/benefício líquido, rácio de poupanças de investimento, taxa interna de retorno ajustada, custo anual e custo anual equivalente. Para o estudo em causa, adopta-se o método do Valor Actual Líquido, método este que melhor se adequa à análise em estudo. Porém, como não são tidas em conta as receitas geradas pelo ativo em estudo, ao longo do período de estudo, deve utilizar-se o Custo Actual Líquido (CAL).

Torna-se essencial a consideração de taxas de atualização para a metodologia escolhida. Segundo Langdon (2007a), caso sejam analisadas mais do que uma opção de estudo recorrendo a diferentes custos ao longo do período em análise, é necessária a utilização de taxas de atualização. Para o caso da análise em causa considerar apenas uma opção de estudo, com o objetivo de conhecer os custos associados a um ativo anualmente, a utilização de taxas de atualização está dispensada. Para investimentos iniciais elevados, devem ser consideradas taxas de atualização mais baixas, por forma a permitirem poupanças a longo prazo através da minimização de custos de operação e manutenção. Por outro lado, devem ser consideradas taxas de actualização mais altas caso haja um investimento inicial baixo, conduzindo a custos a longo prazo mais elevados.

Caso a inflação afete todos os custos de forma semelhante, esta pode ser excluída da análise, sendo adoptada uma taxa de atualização real. Caso contrário, ou seja, caso se verifiquem valores de inflação distintos, a inflação tem de ser tida em conta na análise através da utilização da taxa de actualização nominal. Tanto a ISO 15686-5 como a metodologia de Langdon (2007a) afirmam que devem ser utilizados custos reais por forma a garantir a precisão do seu valor ao longo da sua vida em serviço, pois torna-se, por vezes, bastante difícil determinar a inflação a longo prazo.

Passo 5 - Análise de risco e sensibilidade

Etapas principais do passo 5:

- Identificar a necessidade de análises adicionais;
- Executar a análise de risco (opcional);
- Executar a análise de sensibilidade (opcional).

Apesar da análise de risco não estar incluída no âmbito desta tese, optou-se por se apresentar as informações referentes a esta análise, presentes nas normas e metodologias que servem de base a este estudo.

A análise de risco tem como principal objectivo a redução de incertezas na análise do ciclo de vida onde são assumidos pressupostos referentes a comportamentos futuros. O nível de incerteza da análise depende de vários factores, entre eles a qualidade da base de dados, o rigor da definição dos objetivos e propósitos da análise, as premissas adoptadas e os métodos de cálculo escolhidos. Existem ainda outros factores que podem influenciar e incrementar os fatores de risco da análise, como por exemplo a adopção de estimativas extremamente optimistas, irrealizáveis períodos de vida de serviço, programas de manutenção impraticáveis, julgamentos em relação ao futuro que vão para além das competências e capacidades da pessoa responsável pela análise etc. Deve notar-se ainda que períodos de análise superiores têm, consequentemente, um risco de incerteza também superior devido à maior incerteza em relação a taxas de inflação, custos de materiais, mudanças de legislação entre outros (Req. 8.2. ISO 15686-5).

Segundo a definição de Langdon (2007a), a análise de risco e incerteza foi desenvolvida para ajudar os decisores a terem conhecimento das consequências das suas decisões de uma forma sistemática e eficaz. A metodologia de gestão de risco proposta é baseada na identificação do risco, avaliação da probabilidade e impacto do mesmo e adopção de uma medida adequada por forma a aceitar, mitigar, transferir ou evitar o risco. A decisão de adopção e grau da análise de risco depende do cliente, contudo, para investimentos de maior dimensão e relevância, é fortemente aconselhável a execução de uma análise de risco rigorosa com a identificação de objetivos e critérios claros, planeamento adequado e uma gestão e controlo eficaz.

São definidas diferentes abordagens e metodologias para aplicação da análise de risco:

- Análise Qualitativa (análises SWOT, balanço probabilidade/consequência, registos de risco)
- Análise Quantitativa
 - Análise quantitativa (simulações Monte Carlo, modelos de níveis de confiança, matrizes de probabilidade e impacto)
 - Análise determinística (análise de sensibilidade, análises financeiras)

A definição da abordagem a ser utilizada depende do âmbito e rigor da análise e da qualidade e abrangência dos dados disponíveis. A análise qualitativa é uma análise subjetiva que depende essencialmente do conhecimento e experiência dos seus participantes. Esta análise inicia-se através de um registo da totalidade dos riscos, sendo de seguida identificadas possíveis causas para os

mesmos, datas e futuras possibilidades de ocorrência, impactos, plano de mitigação dos riscos etc.. A análise quantitativa baseia-se na formulação de modelos computacionais para analisar os impactos de riscos associados essencialmente a custos e durações, sendo a análise de sensibilidade e a análise de Monte Carlo segundo parâmetros de confiança as técnicas mais indicadas para ACCV (ISO 15686-5).

A análise de sensibilidade avalia o impacto de determinada variação de uma série de incertezas, sendo as mais comuns, taxa de atualização, período de análise e vida de serviço, manutenção, reparação ou substituição incompletas (ISO 15686-5). Esta análise permite identificar a importância e o impacto que determinado *input* tem sobre os resultados no custo do ciclo de vida do ativo, identificando ainda a gama de variabilidade dos respectivos *outputs* e permitindo desta forma, que o cliente ou os seus decisores tenham especial enfoque sobre os parâmetros que demonstrem ser mais críticos para a análise (Langdon, 2007a).

Passo 6 - Requisitos do projeto e do ativo

Etapas principais do passo 6:

- Caracterizar o activo e os seus parâmetros chave;
- Definir os requisitos qualitativos relevantes;
- Identificar limitações do projecto;
- Confirmar o âmbito, orçamento, calendário e programa do projecto.

Segundo Langdon (2007a), é de extrema importância a clara identificação dos requisitos do activo em causa, antes do início da ACCV, sendo para tal necessária a sua definição em termos de funcionalidade, principais características e restrições.

Para se identificar a funcionalidade do activo, é necessário defini-lo em termos da sua utilização (IP, IC, autoestrada, via rápida, estrada, etc.), relação espacial (número de vias, quilómetros, etc.) e acesso. Quanto às suas principais características, estas devem ser definidas em termos de desempenho do activo (durabilidade, manutenção, etc.), sistemas de engenharia ambiental (minimização de consumo energético e emissões de CO₂) e processos construtivos. Devem ainda ser definidas as restrições do ativo em termos de constrangimentos de instalações (acesso, topografia), económicos (orçamentos, fluxos de caixa), datas, legais e ambientais (restrições de ruído, emissões, horas de trabalho).

Ainda segundo Langdon (2007a), é necessário confirmar o âmbito, orçamento, calendário e programa do projeto. Por forma a ser confirmado o âmbito do projeto, é necessário enquadrá-lo em termos de escala, logística, relação ambiental, impacto ambiental, infraestrutura e interação com outros projetos. Torna-se essencial a confirmação do orçamento disponível e das suas restrições, incluindo na sua definição o capital inicial e futuros custos operacionais do ativo. Esta metodologia dá extrema importância à execução de um programa robusto e realístico através de uma gestão e monitorização cuidada da evolução da infraestrutura, de um correto planeamento dos recursos necessários para o

projeto, do planeamento de fluxos de caixa executado pelo cliente e da atribuição de especial importância a prazos do projeto.

A norma EN 16627 apresenta algumas características semelhantes à abordagem de Langdon (2007a), porém, organizadas de forma algo diferente. Esta norma defende que a avaliação deve ser definida com base em cenários específicos que representem as fases do ciclo de vida do activo. Estes cenários devem ser realísticos e representativos, e estar de acordo com os requisitos definidos pelo cliente ou exigidos por regulamentos ou projecto. Deve ainda ser feita uma completa caracterização do activo, definindo claramente os objetivos da sua avaliação, características temporais e geográficas e ainda a sua descrição física (período de referência, vida de serviço, períodos de manutenção, horas de operação). Esta definição exige o desenvolvimento e utilização de cenários apropriados que descrevam os pressupostos que são usados para o desenvolvimento dos modelos de avaliação económica ao longo das diferentes fases de vida do activo. Os cenários definidos devem ser descritos e documentados, identificando claramente os pressupostos utilizados, os requisitos referentes à informação e dados utilizados e ainda os limites da sua aplicação. Deve ser especificada a origem dos dados e informações utilizadas, na medida em que estas podem ter sido assumidas, estimadas ou calculadas.

Os cenários são definidos através de módulos que dependem da fase do ciclo de vida em que determinado elemento do activo se insere. Este passo define apenas os requisitos para a definição dos cenários utilizados, e não a descrição dos tipos de custos (estes são descritos no passo 8). Deste modo, os cenários apresentados pela norma EN 16627 apresentam-se identificados de seguida:

- Cenário de pré-construção (Módulo A0)
- Cenário de construção (Módulos A1-A5)
- Cenário de utilização (Módulos B1-B7)
 - Cenário relacionado com a fase de utilização (B1)
 - Cenário de manutenção, reparação e substituição (B2-B3-B4)
 - Cenário de remodelação (B5)
 - Cenário de utilização operacional de energia (B6)
 - Cenário de utilização operacional de água (B7)
- Cenário de fim de ciclo de vida (Módulos C1-C4)
 - Cenário de desconstrução (C1)
 - Cenário de transporte (C2)
 - Cenário de processamento de resíduos para reutilização, reciclagem e recuperação de energia (C3)
 - Cenário de alienação (C4)
- Cenário para além dos limites da análise (Modulo D)

Passo 7 - Opções da ACCV

Etapas principais do passo 7:

- Definir os elementos do activo a serem incluídos na análise;
- Identificar opções alternativas para a análise.

A execução das etapas deste passo estão inteiramente relacionadas com os objectivos e âmbito da análise, definidos no passo 1 e 2, e com os seus respectivos requisitos e níveis de detalhe definidos pelo cliente no passo 6. Podem ser definidas opções analisadas ainda numa fase inicial do projeto, onde são tomadas decisões estratégicas ao nível de diferentes utilizações do ativo, opções alternativas de investimento, possibilidade de reabilitar ou optar pela construção de um novo edifício etc.. Outro cenário possível passa por analisar opções a um nível mais detalhado, em que são tomadas decisões acerca de materiais, componentes e construção do activo. A definição do nível de detalhe é da responsabilidade do cliente, devendo ser dada especial importância a componentes do activo que tenham grande impacto nos custos e performances futuras do projeto (Langdon, 2007a).

Retomando parte do passo 2, também a norma ISO 15686-5 diferencia as abordagens de identificação de opções alternativas através do nível de detalhe da análise: nível de análise estratégico, sistemático ou detalhado. A Figura 5 explicita os diferentes níveis de aplicação das diferentes abordagens de forma clara e simplificada. Como se pode verificar ao analisar a Figura 5, esta foi desenvolvida essencialmente para aplicação da análise a edifícios, sendo portanto necessárias algumas alterações para a aplicação a modelos de infraestruturas rodoviárias.

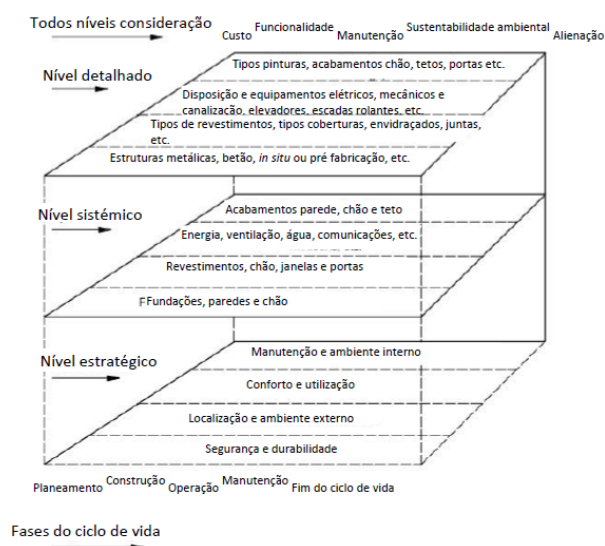


Figura 5 - Níveis da ACCV adaptado da norma ISO 15686-5

A análise estratégica inclui actividades individuais relacionadas com a aquisição do activo, como as seguintes:

- Definir requisitos para o activo em termos funcionais e de desempenho;
- Definir o nível e período da ACCV;
- Identificar as prioridades do cliente (cumprimento de obrigações, taxa de retorno de investimento...);
- Identificar possíveis custos de estudos preliminares;
- Definir o tipo de aquisição do activo (construção/remodelação, comissão, compra/concessão...);
- Realizar considerações de custo de propriedade;
- Identificar outros custos não relacionados com actividades da construção.

A análise sistemática, tendo em conta algumas alterações por forma a possibilitar a aplicação à rede rodoviária, pode incluir actividades como:

- Alternativas de terraplanagem;
- Alternativas de sistemas de drenagem;
- Alternativas de pavimentação;
- Alternativas de acabamentos;

A análise detalhada acaba por ser, tal como o nome indica, uma análise que aplica um maior detalhe às alternativas da análise sistemática, como por exemplo ao nível da pavimentação, definir quantidades, materiais, equipamentos necessários para a sua execução, entre outras características.

Passo 8 - Base de dados – Custos e período de ocorrência

Etapas principais do passo 8:

- Identificar e classificar os custos;
- Determinar os períodos temporais dos custos;
- Executar da base de dados.

O processo da ACCV depende fundamentalmente da identificação dos custos e eventuais receitas que decorrem ao longo do ciclo de vida da análise. Deve notar-se ainda que a identificação dos custos a incluir na análise deve ser definida e aprovada pelo cliente e que a sua classificação não é apresentada segundo uma estrutura universal (Langdon, 2007a).

Desta forma, optou-se pela execução de uma proposta de identificação e classificação dos custos da ACCV com base na norma EN 16627 e na norma ISO 15686-5, tendo sido feitas algumas adaptações adequadas para permitir uma melhor aplicação desta metodologia ao caso de estudo. Deve notar-se ainda que a ISO 15686-5 apresenta na sua classificação de custos, a fase manutenção separada da fase de operação, enquanto a norma EN 16627 apresenta estas duas fases no mesmo módulo de classificação, sendo esta segunda opção a utilizada daqui em diante.

A Figura 6, adaptada da norma EN 16627, pretende identificar os módulos existentes na classificação dos custos da análise do ciclo de vida do activo. Apesar desta classificação ter sido criada originalmente com o intuito de aplicação a edifício, com as adequadas adaptações, pode ser também aplicada a infraestruturas rodoviárias. Desta forma, foi desenvolvida a Tabela 2 que define uma proposta de classificação e organização dos custos associados à ACCV com base nas normas descritas acima.

Langdon (2007a) defende, que para além da identificação dos custos, devem ser ainda identificados os seus períodos de ocorrência e as suas respectivas periodicidades. Para tal devem ser definidos os períodos temporais das duas primeiras ocorrências e de seguida determinados os seus intervalos de periodicidade, regulares ou variáveis. A gestão destes períodos de ocorrência é fundamental para a execução de uma análise de confiança, especialmente quando são tidos em conta custos futuros que necessitem de ser actualizados para o valor actual líquido (neste caso CAL).

Tabela 2 - Proposta de classificação de custos da ACCV

Pré - construção	A0 – Custos de terreno	
	A0.1 – Aquisição do terreno: compra ou aluguer	
	A0.2 – Expropriações	
	A0.3 – Taxas	
Produto	A1 – A3 – Custos relacionados com o produto: matéria-prima, operações de transporte e manufactura	
Construção	A4 – Custos de transporte na fase de construção	
	A5 – Custos de construção	
	A5.1 – Honorários profissionais: projecto de engenharia e arquitectura, construção e geotécnica, gestão de recursos e administração...	
	A5.2 – Trabalhos temporários: actividades de preparação do terreno para a construção e de fornecimento de infraestruturas e serviços (gás, electricidade e água)	
	A5.3 – Construção do activo: todos os custos associados a aquisição e construção do activo, incluindo custos de estacionamento nas imediações do local da construção	
	A5.4 – Adaptação do activo: adaptação ou modificação de activos já existentes	
	A5.5 – Paisagismo: actividades de paisagismo e trabalhos externos à construção do activo	
	A5.6 – Taxas e outros custos relacionados com a permissão da construção	
A5.7 – Subsídios e incentivos: rendimentos relacionados com energias renováveis		
Utilização	B2 – Custos de operação e manutenção	
	B2.1 – Gestão da infraestrutura: actividades de rotina como inspecções, cuidados e gestão de serviços planeados e ainda os materiais utilizados para estas actividades	
	B2.2 – Seguros	
	B2.3 – Concessão e aluguer: custos de concessão e alugueres pagos a terceiros excluindo custos relacionados com o terreno	
	B2.4 – Custos cíclicos regulares: protecção contra fogo, declarações de inspecções, desempenho energético...	
	B2.5 – Taxas: taxas sobre a manutenção de bens e serviços, impostos, tarifas locais, taxas ambientais...	
	B2.6 – Subsídios e incentivos: rendimentos relacionados com energias renováveis, emissões, medidas de eficiência energética...	
	B2.7 – Outros aspectos económicos	
	B2.8 – Limpeza: custo de limpeza regular, cíclica ou periódica específica	
	B2.9 – Custos de fim de concessão	
	B3 – Custos de reparação: reparação e substituição de componentes e sistemas minoritários	
	B4 – Custos de substituição: substituição de componentes e sistemas maioritários	
	B5 – Custos de remodelação: adaptações ou remodelações planeadas do activo em uso	
	B6 – Custos operacionais de utilização de energia	
	B7 – Custos operacionais de utilização de água	
Fim do ciclo de vida	C1 – Custos de desconstrução	
	C1.1 – Inspecções no final de vida útil	
	C1.2 – Desconstrução, desmantelamento e/ou demolição	
	C1.3 – Reintegração do local conforme os requisitos definidos no contrato	
	C1.4 – Limpeza do local	
	C1.5 – Taxas: taxas sobre bens e serviços	
	C2 – Custos de transporte de resíduos	
	C3 – Custos de gestão de resíduos: processo de reutilização, recuperação e/ou reciclagem dos resíduos	
	C4 – Custos de alienação dos resíduos	
Depois do ciclo de vida	D – Benefícios e encargos para além do ciclo de vida do activo: receita resultante da venda do terreno, reciclagem do activo...	

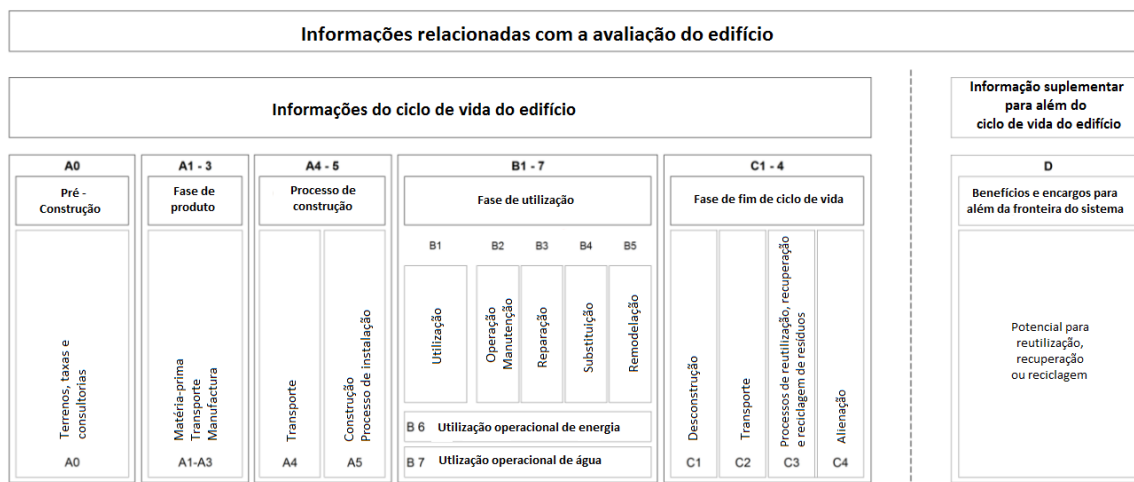


Figura 6 - Identificação dos módulos da ACCV adaptado da norma EN 1667

Passo 9 – Verificação de parâmetros financeiros e período de análise

Etapas principais do passo 9:

- Verificar o período de análise definido no passo 4;
- Verificar os parâmetros financeiros e métodos de avaliação económica definidos no passo 4.

Segundo Langdon (2007a), neste passo os valores dos parâmetros financeiros e o período de análise definido no passo 3 devem ser revistos e analisados com base nas opções tomadas entre os passos 4 e 8.

O período de análise deve ser verificado e confirmado com base na definição das principais características do activo, definidas no passo 6, no âmbito e parâmetros chave do projeto de investimento do activo, definidos também no passo 6 e nas opções identificadas para inclusão de custos para a análise definidas no passo 8.

Deve ser feita uma verificação do método económico utilizado para a análise, da utilização de custos nominais ou reais e do tratamento da inflação e de questões fiscais.

Passo 10 - Avaliação do desempenho económico

Etapas principais do passo 10:

- Informatizar os custos e períodos temporais;
- Executar a ACCV.

Após a identificação das opções de análise e respectivos custos e períodos temporais associados definidos nos passos 7 e 8 e ainda da verificação dos parâmetros chave e períodos de análise verificados no passo anterior, deve iniciar-se a análise (Langdon, 2007a). Esta análise pode ser realizada com recurso a folhas de cálculo como o Microsoft Excel ou através de *softwares* comerciais específicos identificados de seguida no ponto 4.1. Como já mencionado no ponto 1.2, esta dissertação recorre à utilização de um *software* comercial desenvolvido concretamente para análises de ciclo de vida, que tem o nome de LCC AM/QM. Assim, por forma a dar-se início à avaliação, devem ser introduzidos no *software* os parâmetros chave da análise, a hierarquia de custos desenvolvida, os custos e periodicidades dos mesmos, etc..

O Anexo A da ISO 15686-5 apresenta um exemplo de uma tabela de cálculo onde, para um mesmo parâmetro, são analisadas várias opções de taxas de actualização ao longo dos anos com o objectivo de testar várias hipóteses possíveis e conseguir, de certa forma, chegar à opção mais realista possível.

Passo 11 - Interpretação e apresentação de resultados iniciais

Etapas principais do passo 11:

- Executar a revisão e interpretação dos resultados;
- Apresentar os resultados no formato indicado;
- Identificar a necessidade da continuação da análise.

Neste passo, são verificados e interpretados os resultados obtidos da análise realizada no passo anterior, identificando limitações dos métodos económicos escolhidos. Esta verificação deve ser realizada através de um julgamento/avaliação profissional e de seguida, os resultados desta verificação devem ser revelados ao cliente, sem ser-lhes atribuída demasiada precisão. Ou seja, a ACCV não é uma ciência exata, devendo haver uma certa flexibilidade na fiabilidade dos resultados obtidos, que são maioritariamente estimados, não sendo nunca tão precisos como os dados que utiliza como base.

Pode ocorrer a necessidade de uma nova iteração na ACCV, não só por parte de eventuais falhas ou excessivas limitações da mesma, mas também por sugestões alternativas por parte do cliente ou por necessidades de refinamento dos resultados obtidos e de analisar outros constrangimentos financeiros (Langdon, 2007a).

Ainda segundo Langdon (2007a), a definição do formato e nível de detalhe requeridos para a apresentação de resultados depende essencialmente do objetivo da análise e dos requisitos do cliente. O cliente pode apenas exigir uma apresentação em formato de tabela ou gráfico identificando os principais resultados e considerações da revisão e recomendações para uma possível análise de risco e/ou sensibilidade. Caso seja requerido pelo cliente uma avaliação mais detalhada, o autor faz referência à estrutura idealizada pela norma ISO 15686-5, que é descrita no passo seguinte.

Passo 12 - Apresentação de resultados finais

Etapas principais do passo 12:

- Executar e apresentar o relatório final;
- Executar e apresentar os registos para auditoria;
- Testar a validade dos CCV.

Tal como referenciado no passo anterior, o formato de apresentação de resultados recomendado por Langdon (2007a) é baseado na norma ISO 15686-5. Contudo, nesta dissertação, a proposta de apresentação de resultados finais é ainda complementada com a proposta da norma EN 16627.

Os resultados da ACCV devem ser documentados através de um relatório final que deve ser organizado e apresentado de forma clara de maneira a facilitar a sua compreensão por parte dos utilizadores (ISO 15686-5).

Segundo a norma EN 16627, a análise económica do activo deve ser apresentada segundo documentos e complementos visuais. As informações apresentadas no relatório devem ser referidas com suficiente detalhe, para permitirem ao leitor o acesso à qualidade do seu conteúdo.

A Tabela 3 identifica os aspectos e respectivos conteúdos que devem estar presentes no relatório final da ACCV. Devem ainda ser referidos os resultados em função dos custos e receitas verificados ao longo do período de análise realizado, sendo apresentada uma proposta retirada da norma EN 16627, representada na Tabela 4, que pretende organizar a apresentação dos custos conforme os módulos em que se inserem e o tipo de custo ou receita. Ou seja, esta norma define que, para cada módulo do ciclo de vida, devem ser reportados todos os custos e receitas que tenham sido determinados na avaliação. Caso algum dos módulos contenha apenas informação parcial destes valores, este facto deve ser claramente evidenciado e justificado. Qualquer módulo excluído da análise deve ser especificado como MNA (módulo não avaliado) e justificadas as razões para a sua omissão.

A ISO 15686-5 define que, caso seja necessária a realização de uma auditoria futura, devem ser executados e apresentados registos que devem incluir:

- Cálculos de custos;
- Evidências da vida de serviço;
- Fontes da base de dados de custos e validações realizadas;
- Discussão sobre o âmbito da análise;
- Cópias de *softwares* e/ou modelos utilizados;
- Indemnizações profissionais;
- Retenção de seguros;
- Entregas intermedias;
- Cobertura de seguros.

Muitas vezes, o processo de análise do custo de ciclo de vida não termina com a apresentação do relatório final. Alguns clientes ou utilizadores podem exigir uma validação ou aprovação da análise executada, requerendo o acompanhamento e monitorização dos CCV e comparando-os com os valores previstos (Langdon, 2007a). A norma EN 16627 defende que toda a informação utilizada e opções e decisões tomadas devem ser apresentadas de forma clara e transparente, de maneira a serem facilmente verificadas. Portanto, caso seja definido pelo cliente ou utilizador, a verificação deve incluir:

- Consistência entre o propósito da análise e as fronteiras e cenários utilizados;
- Rastreabilidade dos dados utilizados;
- Consistência com a avaliação ambiental e social do activo;
- Fase de desenvolvimento do activo e a sua respectiva justificação.

Tabela 3 - Conteúdos a abordar no relatório final da ACCV

Descrição do passo	Conteúdo
Sumário executivo	Objectivos da ACCV Considerações chave Extensão dos cálculos Limitações, incertezas e riscos Breve descrição acerca dos resultados e conclusões
Propósito e âmbito	Âmbito e propósito segundo os pressupostos do cliente Custos incluídos/excluídos da análise
Objetivos da análise	Breve descrição dos principais objectivos da ACCV Nível de detalhe e precisão do processo
Identificação do objecto em análise	Morada Tipo de construção Requisitos técnicos e funcionais relevantes Objectivo de utilização Vida de serviço exigida Período de referência da análise
Identificação de pessoas intervenientes	Nome do cliente Nome e qualificação da entidade que executa a análise Nome e identificação da entidade que executa a verificação da análise caso esta seja requerida
Data da avaliação	Data de início e conclusão da avaliação Período ao longo do qual a avaliação é válida Identificação do momento de execução da avaliação inserida no ciclo de vida do activo
Componentes do activo	Descrição dos activos/componentes do activo em estudo segundo os passos 1 a 7 da metodologia proposta
Identificação da base de dados	Descrição da origem, tipo e qualidade da base de dados utilizada para a análise
Hipóteses assumidas	Custos futuros Períodos temporais de custos futuros Inflação Taxas de actualização Níveis de utilização de energia Padrões e frequência de manutenção
Riscos e constrangimentos	Identificação de riscos e incertezas do projeto e da ACCV Caso não seja realizada nenhuma análise de risco ou incerteza, deve ser referido e documentado Identificação, caso necessário, de futuras análises de risco bem como os seus custos associados
Alternativas consideradas	Avaliação de opções de sistemas construtivos, de componentes/materiais e esquemas de montagem Variação de parâmetros chave da análise
Método económico aplicado	Identificação do método económico aplicado para a realização da ACCV
Verificação da análise	Declaração que comprove a verificação da análise caso seja esta seja requerida.
Discussão e interpretação dos resultados	Apresentação de resultados definida pelo cliente, de acordo com os objectivos de análise identificados no passo 1 e nas técnicas e medidas implementadas no passo 10
Apresentação gráfica dos resultados	Apresentação gráfica dos resultados definida pelo cliente: - Gráfico ou histograma representativo dos custos totais anuais; - Gráfico representativo de custos acumulados; - Gráfico representativo de custos totais anuais para diferentes alternativas; - Gráfico representativo dos efeitos da aplicação de diferentes taxas de actualização; - Histograma ou diagrama circular das diferentes categorias de custos; - Gráfico representativo do investimento inicial e período de retorno...
Plano de manutenção e reparação	Identificação dos ciclos, materiais e custos de manutenção ao longo do período de análise, caso seja exigido pelo cliente.
Apresentação das conclusões	As conclusões da análise contemplam os objectivos iniciais da mesma e refletem a experiência e as habilidades do analista responsável pela avaliação, sendo este normalmente uma equipa de consultoria ou um especialista em construção. Caso seja exigido pelo cliente, pode ser realizada uma análise mais detalhada contemplando conclusões acerca de aspectos específicos realizados por outro tipo de especialista, como engenheiros ambientais ou analistas financeiros.

Tabela 4 - Identificação dos custos a apresentar no relatório final da ACCV adaptada da EN 16627

Custos e receitas	Custos não anuais	Receitas não anuais	Custos anuais recorrentes	Receitas anuais recorrentes
Unidade Indicador	€/data de ocorrência	€/data de ocorrência	Período de referência €/ano	Período de referência €/ano
Módulo A Antes da fase de utilização	Pré-construção (A0)	-	-	-
	Construção (A1-A5)			
Módulo B Fase de utilização	Manutenção (B2)	Utilização (B1)	Utilização (B1) e manutenção (B2)	Utilização (B1)
	Reparação (B3), substituição (B4) e reciclagem (B5)	Incentivos energéticos (B6)	Utilização operacional de energia (B6) Utilização operacional de água (B7)	Exportação de energia (B6)
Módulo C Fase de final de ciclo de vida	Desconstrução (C1)	-	-	-
	Transporte (C2)			
	Processamento de resíduos (C3)			
	Alienação (C4)			
Módulo D Custos e receitas para além dos limites da análise	Potencial de reutilização, reciclagem e recuperação	Potencial de reutilização, reciclagem e recuperação	-	-
		Venda do terreno		

4. Software comercial de ACCV

4.1. Considerações sobre *softwares* comerciais disponíveis

As análises de custo de ciclo de vida envolvem por vezes uma base de dados extensa e de difícil organização e manuseamento. Para minimizar este efeito e facilitar a análise em causa, surgiram várias ferramentas de cálculo automático, algumas com recurso a soluções informáticas baseadas em de folhas de cálculo como o Microsoft Excel e outras através de *softwares* comerciais específicos para análises do custo de ciclo de vida. Descrevem-se seguidamente, alguns desses *softwares* comerciais.

O CoSMo *Simulation Suite* (CSS) foi desenvolvido para uma gama de aplicação que abrange áreas distintas desde energias, biologia, planeamento urbano, entre outras. A abordagem inovadora deste *software* tem vindo a ser utilizada e validada por forma a resolver problemas e necessidades que podem ir desde a previsão do impacto de uma nova infraestrutura até à optimização de investimento e manutenção de redes energéticas com o objetivo de minimizar custos associados à sua utilização. De uma forma geral, este *software* cria e valida modelos de sistemas complexos que de seguida são integrados em aplicações específicas permitindo a execução de simulações e a optimização de custos a larga escala (<https://www.thecosmocompany.com/technology/>).

O *software* MONA (*Management and Optimization of Networ Assets*) desenvolvido também pela CoSMo, analisa soluções de planeamento de investimento de activos com o objectivo de melhorar o desempenho das decisões de investimento de capitais estratégicos. Os operadores de rede são definidos sob grande pressão com o intuito de desenvolver serviços de elevada qualidade ao cliente através do controlo de CAPEX (*capital expenditure*) e OPEX (*operational expenditure*) e da mitigação de riscos. Desta forma, o MONA fornece aos seus clientes aconselhamentos por forma a serem tomadas decisões de manutenção e investimento melhores integrando de forma conjunta num único *softwares* indicadores referentes a cada activo, rede, recursos humanos e dados financeiros. Os planeamentos executados podem ser realizados para um período de análise de 10, 20 ou 50 anos, ao longo dos quais são avaliados um conjunto de KPIs (*Key Performance Indicators*), analisados e comparados diferentes cenários e ainda testada a sensibilidade e robustez dos diferentes cenários por forma a propor a solução ideal. A Figura 7 foi retirada do *site* da CoSMo e pretende exemplificar algumas das análises possíveis executadas por este *software* (<http://www.thecosmocompany.com/mona-overview/>).

A CoSMo desenvolveu ainda *softwares* que servem de apoio a decisões relacionadas com o sector energético (CoSMo SEP – *Smart Energy Planning*), hidráulico (CoSMo *Hidro*), urbano (CoSMo *Urban Planning*) e biológico (CoSMo *Bioproduction*).

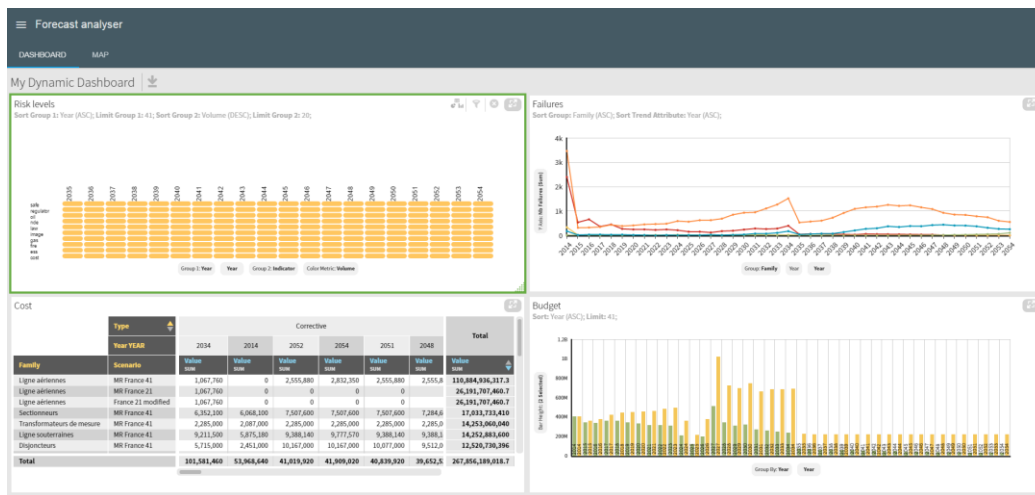


Figura 7 - Software CoSMo MONA (<http://www.thecosmocompany.com/mona-overview/>)

A Copperleaf desenvolveu dois softwares na área da gestão e planeamento do investimento de activos (GPIA) e na área da gestão da procura (GP). Tendo em conta o âmbito da presente dissertação, apenas se dá enfoque à ferramenta de cálculo criada pela GPIA, designada Copperleaf C55. Esta ferramenta foi desenvolvida com o intuito de alcançar os objectivos das empresas, através da aplicação de uma abordagem de ciclo de vida por forma a otimizar os resultados relativos a custos, riscos e desempenhos num cenário de constantes mudanças e limitações. De uma forma sistemática, o Copperleaf C55 permite a identificação de investimentos e custos futuros, propostas alternativas de investimento e análises alternativas de impacto e sensibilidade por forma a criar uma solução óptima tendo em consideração os objectivos, restrições, riscos, parâmetros financeiros, KPIs e custos necessários ao longo da vida útil do activo. A Figura 8 permite identificar as distintas áreas abrangidas por este software. Deve notar-se que o Copperleaf C55 permite interoperabilidade com outras ferramentas e aplicações como SAP e IBM Máximo (<http://www.copperleaf.com/>).



Figura 8 - Áreas de aplicação do software Copperleaf C55 (<http://www.copperleaf.com/>)

O *LSC Group* é uma empresa de consultoria e serviços de integração de sistemas que trabalha para permitir uma melhoria na tomada de decisão ao longo do ciclo de vida do activo através do apoio a soluções de manutenção e controlo de sistemas do sector público, energético, de saúde, de engenharia, de educação, etc.

A empresa fornece serviços estratégicos e de desenvolvimento de *softwares* através da gestão de activos, análise de negócio, gestão de cadeias de abastecimento, sistemas de informação, gestão do desempenho e apoio ao longo do ciclo de vida.

O *LSC Group* desenvolve modelos e simulações específicas para vários tipos de activo, fornecendo ainda análises opcionais de risco e oportunidade e de gestão do activo ao longo do ciclo de vida em tempo real. Para a ACCV, a aplicação de modelos de simulação são os mais indicados, sendo inicialmente necessária uma clara definição dos objectivos e requisitos do projecto. Estes modelos permitem melhorar a capacidade de tomada de decisão, testar estratégias antes da sua aplicação, definir cenários alternativos e os seus impactos no desempenho do activo, identificar oportunidades de redução de custos através da utilização mais eficaz de recursos de determinada estratégia e proporcionar a capacidade de execução de previsões futuras

A Figura 9, adaptada de um documento referente a modelos de simulação do *LSC Group*, pretende demonstrar a abordagem subjacente aos modelos das suas ferramentas (LSC Group, 1988)..



Figura 9 - Princípios do LSC Group (LSC Group, 1988)

Na seguinte secção, descreve-se em maior detalhe o *software* comercial utilizado na presente dissertação, desenvolvido pela empresa holandesa S&G Asset Management.

4.2. LCC AM/QM

O *software* comercial utilizado para a modelação da análise do custo de ciclo de vida da infraestrutura de engenharia estudada, foi desenvolvido pela empresa *S&G Asset Management*, que é uma empresa de desenvolvimento de *softwares* focada em técnicas analíticas que servem de ferramenta de apoio à tomada de decisões táticas e estratégicas, presente no mercado desde 1985.

Esta empresa desenvolveu dois *softwares*, o LCC AM/QM (*Life cycle costing asset management / quantitative methods*) e o LCC ANT (*Life cycle costing asset normalization tool*). A presente dissertação tem por base a utilização do LCC AM/QM desenvolvido no ano de 2000, que utiliza dados financeiros e técnicos para estimar os custos totais do CV do activo. Isto permite, entre outras funcionalidades, tomar decisões acerca do prolongamento da manutenção ou antecipação da substituição de elementos do activo com base no comportamento técnico e financeiro actual de todos os activos intervenientes na análise.

De uma forma geral, o LCC AM/QM pretende otimizar a performance dos seus activos, a partir de um ponto de vista económico e técnico. Com base na avaliação das condições e riscos dos activos, são realizados múltiplos cenários de previsão de custos e receitas (neste caso de estudo apenas são contabilizados dados referentes a custos). A partir de dados disponíveis no presente, consegue estimar-se o desenvolvimento de diferentes cenários futuros, personalizados pelo cliente, por forma a encontrar-se uma solução de operação e manutenção ótima (<http://www.sg-assetmanagement.nl/eng/products-2/lcc-amqm/>).

Ao longo deste capítulo são definidas e explicadas algumas das principais características deste *software* comercial. Contudo, no capítulo 6, são explicadas todas estas características e particularidades de uma forma mais concreta, por serem exemplificadas com dados do caso de estudo, tornando a sua compreensão mais fácil e eficaz.

Para dar início à utilização deste *software*, tem de ser feita a introdução da base de dados que deve ser organizada através de uma estrutura hierárquica em forma de árvore. Para tal, é necessário introduzir as diferentes actividades existentes no projecto e definir as suas principais características, como os seus respectivos custos, datas de início e fim, periodicidades, períodos de análise, entre outras. É representado na Figura 10 um exemplo que identifica a definição das características dos dados referentes à actividade de manutenção de um determinado caso de estudo. Para cada objecto/custo introduzido, define-se o seu respectivo tipo e consequentemente, se for o caso, a sua classificação, conforme apresentado na Tabela 5.

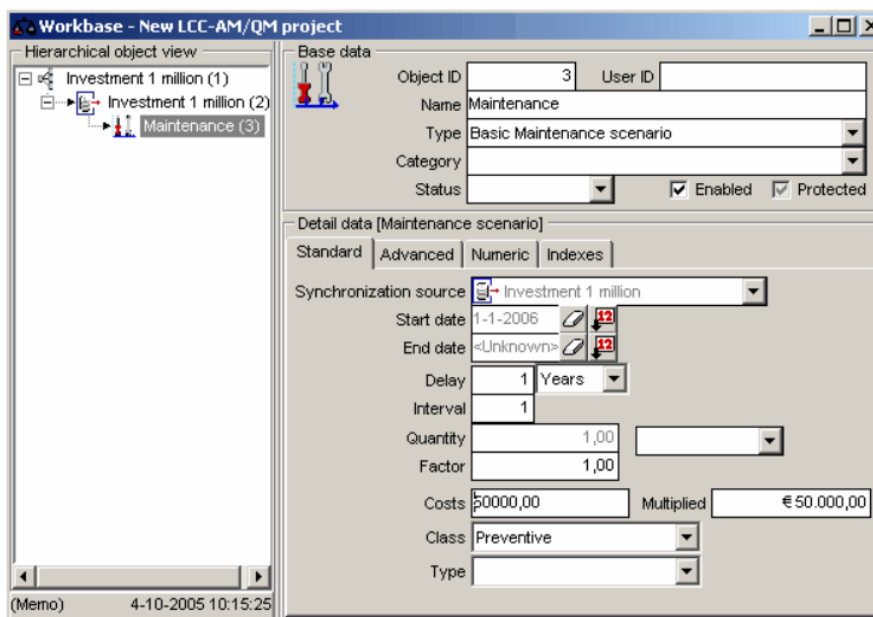


Figura 10 - Exemplo dos dados referentes as actividades da análise do LCC AM/QM (S&G Asset Management, 2016)

Tabela 5 - Tipo e respectiva classificação de objecto/custo (S&G Asset Management, 2016)

Tipo de objecto/custo	Classificação de objecto/custo
Custos produção	-
Custos de investimento	-
Custos variados	Recursos Outros Operacionais Gerais Ambientais Energéticos Risco
Custos de manutenção	Inspectiva Preventiva Correctiva Adaptativa Outra

Após a introdução de todos os dados necessários e existentes, podem ser executados diversos tipos de análise, dependendo dos objectivos do cliente e dos dados disponibilizados. As análises podem variar conforme o tipo de gráfico, período de análise pré-definido, dados seleccionados, tipo de análise, etc.. No capítulo 6 são apresentados e explicados diversos tipos de análises por aplicação ao caso de estudo de infraestruturas rodoviárias.

Na Figura 11, é apresentado um exemplo de uma análise automática gerada pelo LCC AM/QM que define os custos totais anuais sectorizados pelas diferentes actividades da análise.

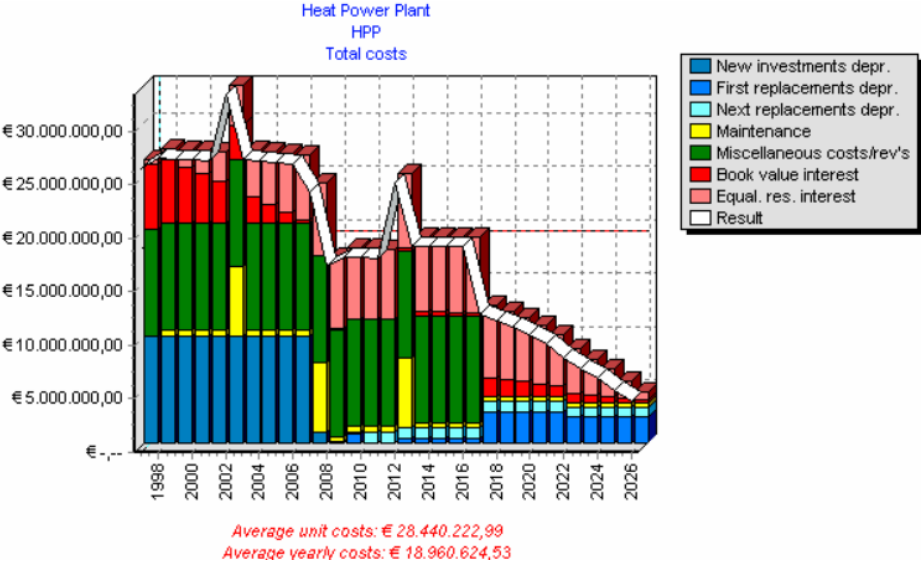


Figura 11 - Exemplo de uma análise automática do LCC AM/QM (S&G Asset Management, 2016)

5. Aplicação da metodologia de ACCV ao caso de estudo

5.1. Descrição do caso de estudo

O caso de estudo refere-se à construção de uma autoestrada rodoviária na América do Sul. A autoestrada em estudo apresenta um total de 43.4 km, tendo sido projectada a sua construção para um período de 5 anos, desde 2016 até 2020 e sendo analisada para um período de utilização de 34 anos, de 2021 a 2054.

No capítulo 5.3, aquando da aplicação da metodologia de ACCV desenvolvida, são descritas as características do caso de estudo em maior detalhe.

5.2. Limitações da aplicação da metodologia de ACCV

A Tabela 6 evidencia a aplicabilidade dos passos da proposta da metodologia apresentada no capítulo 3.2, ao caso de estudo. Comentam-se de seguida as limitações relacionadas com a não aplicação dos passos 3, 5, 7 e 12.

Tabela 6 - Aplicabilidade dos passos da proposta de metodologia ao caso de estudo

Passo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aplicabilidade	✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	

O passo 3 não é aplicável porque, após a análise dos dados disponíveis, chegou-se à conclusão de que não existe nenhum custo directo relacionado com o desempenho ambiental ou social, suprimindo-se uma análise de sustentabilidade para o caso em estudo. Contudo, mais uma vez, chama-se à atenção para a importância que a análise de sustentabilidade representa sobre os custos totais do projecto, devendo, sempre que possível ser aplicada.

O passo 5 não é incluído porque a presente dissertação não abrange a realização de análises de risco nem de análises de sensibilidade. Contudo, a análise de sensibilidade avalia o impacto de determinada variação de uma série de incertezas e deve notar-se que ao longo deste trabalho são realizadas várias estimativas de valores, com incertezas associadas.

Quanto ao passo 7, este não é aplicado devido à limitação da abrangência de base de dados, que impossibilita a apresentação de opções alternativas para a análise.

Tendo em conta que o objectivo desta dissertação passa pelo desenvolvimento de uma metodologia do ciclo de vida e aplicação a um caso de estudo com recurso a um *software* comercial específico, e não pela execução de um relatório final formal para ser entregue ao cliente, exclui-se a realização do passo 12. Por outro lado, todos os conteúdos que deveriam estar presentes neste relatório, são desenvolvidos ao longo desta dissertação.

5.3. ACCV do empreendimento rodoviário

Passo 1 - Propósito da ACCV

Esta análise tem como principal objectivo o desenvolvimento de uma metodologia que abranja os custos de ciclo de vida de um activo. Neste caso de estudo (infraestrutura rodoviária), como se trata de um activo ainda não construído, faz-se uma estimativa de custos futuros para fins de orçamentação e apoio a processos de planeamento e tomada de decisão. Trata-se de uma análise relativa onde os custos de ciclo de vida estimados servem de base a decisões relativas a activos a construir.

Futuramente, pretende-se comparar os resultados obtidos da análise efectuada com os valores reais ocorridos no final do ciclo de vida do activo, por forma a serem comparados com as estimativas adoptadas.

Passo 2 - Âmbito da ACCV

Quanto à escala de aplicação, o presente caso de estudo é aplicado à totalidade do activo a ser construído, sendo este uma autoestrada.

Ao longo da ACCV são analisadas actividades que abrangem a fase de pré-construção, construção e utilização, não sendo abrangidas as áreas referentes ao final do ciclo de vida da estrada devido à escassez de dados referentes a este período.

Quanto ao número de intervenções das actividades, deve notar-se que apenas uma actividade, que ocorre na fase de construção, apresenta um número de intervenções unitário, enquanto as restantes actividades são expostas a intervenções periódicas, podendo estas periodicidades ser regulares ou não, conforme se descreve de seguida

Ao nível do detalhe, adoptou-se uma análise estratégica para todas as actividades da ACCV, incluindo actividades individuais relacionadas com a aquisição do activo.

Passo 4 - Período de análise e métodos de avaliação de desempenho económico

Para o caso em estudo, a construção da autoestrada está programada para ser executada em 5 anos, tendo início em 2016 e terminando em 2020. A partir de Janeiro de 2021 pretende dar-se início à fase de utilização que dura 34 anos, terminando em 2054. Desta forma, o período de análise (ISO 15686-5) ou período de referência (EN 16627) considerado é de 39 anos.

Tal como já referido no passo 4 do ponto 3.2, o método que melhor se adequa ao caso de estudo é o método do Custo Actual Líquido (e não o Valor Actual Líquido como é mais habitual, por não serem tidas em conta as receitas geradas pelo ativo ao longo do período de estudo).

Por se tratar de uma construção na América do Sul, os valores monetários foram traduzidos para euros com uma taxa de câmbio de Setembro de 2016. Os dados disponibilizados não têm em conta taxas de actualização de custos, sendo utilizados custos reais sem actualização ao longo do período de análise.

Passo 6 - Requisitos do projeto e do ativo

Tal como já referido no ponto 3.7. torna-se essencial definir o activo em termos da sua funcionalidade, características e limitações.

Em termos de funcionalidade, o activo insere-se no sector rodoviário com o objectivo de construção de uma autoestrada de 43.3 km na América do Sul.

Quanto às características, e focando-nos no seu desempenho económico, prevê-se que o período de construção desta autoestrada esteja compreendido entre 2016 e 2020, não havendo informações quanto aos processos construtivos adoptados e tendo ainda um período de utilização entre 2021 a 2054. Ao longo deste período de utilização são executadas diversas operações de manutenção. Estão previstas manutenções de várias categorias: manutenção ordinária (MO), manutenção regular de pavimento (MRP), manutenção extraordinária estrutural (MEE) e substituição de elementos da infraestrutura (SEI) e de sistemas de IT (SIT).

A manutenção ordinária apresenta uma periodicidade fixa anual ao longo de todo o período de utilização, sendo os custos anuais também fixos, à excepção do primeiro ano de utilização. Também a substituição de elementos da infraestrutura tem uma periodicidade anual, contudo compreendida entre 2029 e 2048 e apresentando também custos fixos anuais, mas neste caso, à excepção dos seus dois últimos anos (2047 e 2048), onde se verificam valores bastante superiores. A manutenção regular de pavimentos apresenta dois planos de actividade que duram 3 anos, um que se inicia em 2032 e outro em 2042, com custos variáveis conforme a data da manutenção. Da mesma forma, a substituição de sistemas IT apresenta dois planos de actuação que duram 3 anos, iniciando-se em 2031 e 2041, contudo com valores de custos bastante variáveis.

Foram ainda disponibilizados dados referentes às inspeções, porém estas não foram categorizadas. Desta forma, apenas foram disponibilizados dados referentes a inspeções gerais com uma periodicidade anual e como seria de esperar, com valores acrescidos anualmente tendo em conta o maior desenvolvimento da degradação e aparecimento de anomalias na infraestrutura.

Não foram disponibilizados dados referentes a sistemas de engenharia ambiental como actividades que prevejam a minimização de custos energéticos ou a redução de emissões de CO₂, logo esta característica não é incluída na análise.

Passo 8 - Base de dados – Custos e período de ocorrência

Torna-se então necessário identificar os custos a incluir na análise, inseridos nas categorias e fases do ciclo de vida correspondentes, conforme representado na Tabela 7 e 8. De seguida são descritos os custos associados a cada um dos módulos principais abrangidos pela análise.

Num dos módulos da fase de pré-construção (A0), foram identificados dados referentes a expropriações, contudo, nesta obra em particular, está previsto o pagamento das mesmas ao longo da fase de construção. Por este motivo, optou-se por incluir o valor do custo associado às expropriações (A0.2) à fase de construção (A4-5).

Por forma a facilitar a compreensão da integração da análise dos dados com a metodologia proposta, foi desenvolvida a Tabela 7. Desta forma, verifica-se o modo como foram agrupados os custos associados às diferentes actividades do ciclo de vida da estrada, fazendo de certa forma algumas suposições devido à falta de detalhe dos dados obtidos.

Os custos associados ao projecto e construção do activo foram apresentados em conjunto, não sendo possível distinguir as diferentes categorias associadas a estas actividades, tendo-se optado

por admitir a sua inclusão nas categorias A5.1, A5.2 e A5.3. Da mesma forma, tanto os custos relacionados com os escritórios e custos gerais não foram discriminados quando aos seus períodos temporais (apenas incluídos na fase de construção) e desta forma, assumiu-se que estes custos poderiam ocorrer ao longo de trabalhos temporários e construção do activo (A5.2 e A5.3). Apesar da inexistência de um módulo referente a custos de seguros, ao longo da fase de construção, assume-se que este tipo de custos pode estar incluído dentro do módulo A5.6, referente a taxas e outros custos relacionados com a permissão da construção.

Quanto aos custos analisados durante a fase de utilização, verificou-se que grande parte destes se enquadrava no módulo B2.1, relacionados com a gestão da infraestrutura. Admitiu-se que os custos referentes a actividades de manutenção ordinária e manutenção regular de pavimentos se inserem como actividades de manutenção rotineira devendo ser incluídos no módulo B2 de custos de operação e manutenção. Já os custos de manutenção extraordinária estrutural foram considerados custos de reparação devido ao seu carácter extraordinário, como o próprio nome indica. Os custos de substituição de elementos estruturais e de sistemas de IT foram considerados custos de substituição por terem sido considerados como actividades de substituição de componentes e sistemas maioritários devido à sua evidência monetária elevada ao longo da fase de utilização da autoestrada.

Tabela 7 - Resumo dos custos referentes à fase de construção do caso de estudo

	A0.2	A5.1	A5.2	A5.3	A5.6	B2.1	B2.2	B2.5	B2.7	B3	B4
Expropriações	✓										
Projecto e Obra		✓	✓	✓							
Investimento em sistemas				✓							
Custos gerais			✓	✓							
Escritórios			✓	✓							
Consultoria		✓									
Seguros					✓						
Taxas					✓						
Manutenção ordinária						✓					
Pessoal de manutenção ordinária						✓					
Inspecções						✓					
Pessoal de portagens						✓					
Gestão de portagens						✓					
Pessoal e escritórios						✓					
Consultoria									✓		
Taxas								✓			
Seguros							✓				
Equipamentos						✓					
Manutenção regular de pavimentos						✓					
Manutenção extraordinária estrutural										✓	
Substituição de elementos da infraestrutura											✓
Substituição de sistemas de IT											✓

Tabela 8 - Identificação dos custos aplicáveis ao caso de estudo

Pré - construção	A0 – Custos de terreno	
	A0.1 – Aquisição do terreno: compra ou aluguer	
	A0.2 – Expropriações	✓
	A0.3 – Taxas	
Produto	A1 – A3 – Custos relacionados com o produto: matéria-prima, operações de transporte e manufactura	
Construção	A4 – Custos de transporte na fase de construção	
	A5 – Custos de construção	
	A5.1 – Honorários profissionais: projecto de engenharia e arquitectura, construção e geotécnica, gestão de recursos e administração...	✓
	A5.2 – Trabalhos temporários: actividades de preparação do terreno para a construção e de fornecimento de infraestruturas e serviços (gás, electricidade e água)	✓
	A5.3 – Construção do activo: todos os custos associados a aquisição e construção do activo, incluindo custos de estacionamento nas imediações do local da construção	✓
	A5.4 – Adaptação do activo: adaptação ou modificação de activos já existentes	
	A5.5 – Paisagismo: actividades de paisagismo e trabalhos externos à construção do activo	
	A5.6 – Taxas e outros custos relacionados com a permissão da construção	✓
	A5.7 – Subsídios e incentivos: rendimentos relacionados com energias renováveis	
Utilização	B2 – Custos de operação e manutenção	
	B2.1 – Gestão da infraestrutura: actividades de rotina como inspecções, cuidados e gestão de serviços planeados e ainda os materiais utilizados para estas actividades	✓
	B2.2 – Seguros	✓
	B2.3 – Concessão e aluguer: custos de concessão e alugueres pagos a terceiros excluindo custos relacionados com o terreno	
	B2.4 – Custos cíclicos regulares: protecção contra fogo, declarações de inspecções, desempenho energético...	
	B2.5 – Taxas: taxas sobre a manutenção de bens e serviços, impostos, tarifas locais, taxas ambientais...	✓
	B2.6 – Subsídios e incentivos: rendimentos relacionados com energias renováveis, emissões, medidas de eficiência energética...	
	B2.7 – Outros aspectos económicos	✓
	B2.8 – Limpeza: custo de limpeza regular, cíclica ou periódica específica	
	B2.9 – Custos de fim de concessão	
	B3 – Custos de reparação: reparação e substituição de componentes e sistemas minoritários	✓
	B4 – Custos de substituição: substituição de componentes e sistemas maioritários	✓
	B5 – Custos de remodelação: adaptações ou remodelações planeadas do activo em uso	
	B6 – Custos operacionais de utilização de energia	
	B7 – Custos operacionais de utilização de água	
Fim do ciclo de vida	C1 – Custos de desconstrução	
	C1.1 – Inspecções no final de vida útil	
	C1.2 – Desconstrução, desmantelamento e/ou demolição	
	C1.3 – Reintegração do local conforme os requisitos definidos no contrato	
	C1.4 – Limpeza do local	
	C1.5 – Taxas: taxas sobre bens e serviços	
	C2 – Custos de transporte de resíduos	
	C3 – Custos de gestão de resíduos: processo de reutilização, recuperação e/ou reciclagem dos resíduos	
	C4 – Custos de alienação dos resíduos	
Depois do ciclo de vida	D – Benefícios e encargos para além do ciclo de vida do activo: receita resultante da venda do terreno, reciclagem do activo...	

Passo 9 - Verificação de parâmetros financeiros e período de análise

De seguida, pode então dar-se início à verificação dos pressupostos assumidos anteriormente. Neste caso, assumiu-se que o período de análise de 39 anos definido anteriormente é o período adequado para a análise. Da mesma forma, tanto os parâmetros financeiros definidos como o método económico escolhido continuam a ser os mais adequados para a análise.

Passo 10 - Avaliação do desempenho económico

Como já mencionado no ponto 1.2, foi realizada a modelação da ACCV do caso de estudo com recurso ao *software* comercial LCC AM/QM. Para tal foi definida uma hierarquia de custos, sendo necessária a introdução de todos os dados referentes às diferentes actividades das várias fases do CV do activo. Para estas actividades é necessário identificar diversos parâmetros como os seus respectivos custos, periodicidades, datas de início e conclusão, período de análise estudado etc..

Após a informatização de todos os custos e períodos temporais no *software*, pode então dar-se início à execução das análises, que nos passos seguintes é apresentada sob a forma de tabelas ou gráficos fornecidos também estes pelo *software*.

Passo 11 - Interpretação e apresentação de resultados iniciais

Por forma a se conseguir avaliar o sucesso da aplicabilidade deste *software* à ACCV de infraestruturas rodoviárias, foram também realizadas modelações com recurso ao Excel de maneira a se conseguirem comparar e validar estes dois métodos de análise.

6. Execução da ACCV do caso de estudo com recurso ao *software* LCC AM/QM

6.1. Abordagem adoptada

Por forma a se obterem os resultados da análise, recorre-se à utilização do *software* comercial LCC AM/QM, apresentado em 4.2, o que facilita a execução de uma série de análises e obtenção dos respectivos gráficos. Neste capítulo é feita uma descrição do modo de manuseamento do *software*, por exemplificação ao caso de estudo e são descritas as conclusões referentes à interpretação dos resultados obtidos.

Estas análises são realizadas separadamente, conforme o período do ciclo de vida onde se enquadram. Inicialmente, é realizada uma análise da fase de construção da autoestrada, onde são apresentados os resultados a partir de diferentes abordagens. Seguindo o mesmo conceito, são realizadas análises para a fase de utilização desta infraestrutura rodoviária, dando especial ênfase a análises referentes aos custos e tipos de manutenção. É realizada ainda, uma análise em termos globais do caso de estudo ao longo de todo o seu ciclo de vida, que nesta dissertação abrange a fase de construção e utilização.

De seguida, com vista à optimização dos resultados obtidos, são realizadas algumas simulações tirando partido da facilidade que este *software* apresenta na alteração de cenários de custos, períodos de análise e periodicidade de actuação de actividades, entre outros parâmetros que tenham demonstrado especial impacto nos resultados da análise.

Chama-se mais uma vez à atenção para a impossibilidade de aplicação da metodologia em toda a sua extensão, devido às limitações de base de dados referentes ao estudo em causa. Porém, esta limitação em nada comprometeu a análise, tendo-se chegado, da mesma forma, a conclusões bastante significativas e essenciais para o projecto. Foram captadas informações referentes a 11 dos 23 módulos propostos ao longo da fase de construção e utilização da obra, representando 47,8% da totalidade dos módulos. Apesar da não inclusão dos restantes módulos, deve notar-se que vários destes devem certamente fazer parte do caso estudo, como por exemplo o módulo B6 e B7, referentes a custos operacionais de utilização de energia e água, respectivamente.

Deve notar-se ainda que foram utilizadas para a análise, a totalidade da base de dados disponibilizada pela empresa, tendo-se considerado que toda a informação disponibilizada tinha um carácter importante e útil para o estudo desenvolvido.

6.2. Base de dados

Inicialmente, por forma a serem organizados todos os custos e dados disponibilizados e dando seguimento ao capítulo anterior, apresentam-se as Tabelas 9 a 13, desenvolvidas com recurso ao Excel.

A Tabela 9 apresenta a identificação de custos ao nível dos módulos da metodologia proposta bem como a sua repartição por actividades de custos, conforme os dados originais disponibilizados pela empresa. Faz-se ainda uma correspondência de cada um destes custos a valores percentuais, referentes ao custo total, decorrente ao longo da construção e utilização desta infraestrutura rodoviária.

A Tabela 10 pretende apresentar os custos anuais de todas as actividades decorrentes ao longo da fase de construção, bem como os custos anuais globais de toda esta fase. Esta tabela apresenta ainda uma informação quanto à percentagem acumulada da evolução da construção da autoestrada, sendo este tópico analisado no ponto 6.3 seguinte. Esta tabela apresenta ainda, o custo total ocorrido em cada um dos anos de construção da autoestrada e ainda o custo total ocorrido nestes 5 anos.

As Tabelas 11 a 13 apresentam a evolução dos custos anuais das actividades decorrentes na fase de utilização, que abrange um período de 34 anos. Todas as actividades ocorridas ao longo da fase de utilização da autoestrada, encontram-se distribuídas conforme o seu respectivo módulo, nestas três tabelas. Apresenta-se ainda o valor total anual de custos ocorridos durante ao longo deste período, conforme a última linha destas tabelas

Deve notar-se, que foram realizadas algumas estimativas, mais concretamente uma estimativa referente aos custos dos módulos da fase de construção. Como verificado no capítulo anterior, os módulos A5.1, A5.2 e A5.3 foram agrupados devido à falta de detalhe e prévia junção dos custos originais disponibilizados.

Porém, por forma a ser seguida a metodologia desenvolvida, que tem por base os pressupostos estabelecidos pelas normas EN16627 e ISO 15686-5, optou-se por tirar partido da execução de uma estimativa de custos para cada um destes módulos. Admitiu-se então que 10% do somatório de custos resultante desse agrupamento, seria atribuído ao módulo A5.1, outros 10% desse somatório ao módulo A5.2 e os restantes 80% ao módulo A5.3. Por este motivo, na Tabela 9, os custos referentes aos sub-módulos encontram-se repetidos para os módulos A5.1, A5.2 e A5.3.

De seguida, é descrito modo de informatização da base de dados no *software* LCC AM/QM.

Tabela 9 - Custos totais e respectivas percentagens da ACCV

Actividades		€	%	Módulo	€	%	€	%	€
Construção	Expropriações	38.338.580	8,33%	A0.2 – Expropriações	38.338.580	8,33%	248.267.035	54%	460.391.174
	Projecto e Obra	182.647.495	39,67%	A5.1 – Honorários profissionais	20.760.848	4,51%			
	Investimento em sistemas	15.961.069	3,47%	A5.2 – Trabalhos temporários	20.760.848	4,51%			
	Custos gerais	5.198.656	1,13%	A5.3 – Construção do activo	166.086.786	36,08%			
	Escritórios	805.143	0,17%						
	Consultoria	2.996.120	0,65%						
	Seguros	260.783	0,06%	A5.6 – Taxas e outros custos relacionados com a permissão da construção	2319973	0,50%			
Taxas	2.059.189	0,45%							
Utilização	Manutenção ordinária	28.112.832	6,11%	B2.1 – Gestão da infraestrutura	136.391.171	29,63%	212.124.139	46%	460.391.174
	Pessoal de manutenção ordinária	18.717.586	4,07%						
	Inspeções	6.504.781	1,41%						
	Pessoal de portagens	17.204.042	3,74%						
	Gestão de portagens	10.062.235	2,19%						
	Pessoal e escritórios	39.348.350	8,55%						
	Equipamentos	630.327	0,14%						
	Manutenção regular de pavimentos	15.811.018	3,43%						
	Seguros	23.578.096	5,12%	B2.2 – Seguros	23.578.096	5,12%			
	Taxas	21.003.729	4,56%	B2.5 – Taxas	21.003.729	4,56%			
	Consultoria	5.302.412	1,15%	B2.7 – Outros aspectos económicos	5.302.412	1,15%			
	Manutenção extraordinária estrutural	127.992	0,03%	B3 – Custos de reparação	127.992	0,03%			
	Substituição de elementos da infraestrutura	2.939.682	0,64%	B4 – Custos de substituição	25.720.739	5,59%			
Substituição de sistemas de IT	22.781.057	4,95%							

Tabela 10 - Custos anuais e globais da fase de construção

Módulo	Sub-módulo	2016	2017	2018	2019	2020
A0.2 – Expropriações	Expropriações	0	19.169.290	19.169.290	0	0
A5.1 – Honorários profissionais	Projecto e Obra	393.395	1.396.371	548.513	6.758.465	9.168.005
	Investimento em sistemas	0	0	0	0	1.596.107
	Custos gerais	103.973	103.973	103.973	103.973	103.973
	Escritórios	20.386	14.105	14.105	14.105	17.812
	Consultoria	68.159	57.863	57.863	57.863	57.863
A5.2 – Trabalhos temporários	Projecto e Obra	393.395	1.396.371	548.513	6.758.465	9.168.005
	Investimento em sistemas	0	0	0	0	1.596.107
	Custos gerais	103.973	103.973	103.973	103.973	103.973
	Escritórios	20.386	14.105	14.105	14.105	17.812
	Consultoria	68.159	57.863	57.863	57.863	57.863
A5.3 – Construção do activo	Projecto e Obra	3.147.159	11.170.967	4.388.105	54.067.723	73.344.041
	Investimento em sistemas	0	0	0	0	12.768.855
	Custos gerais	831.785	831.785	831.785	831.785	831.785
	Escritórios	163.088	112.844	112.844	112.844	112.844
	Consultoria	545.273	462.906	462.906	462.906	462.906
A5.6 – Taxas e outros custos relacionados com a permissão da construção	Seguros	43.464	57.952	57.952	57.952	43.464
	Taxas	411.838	411.838	411.838	411.838	411.838
Custo total anual da fase de construção (€)		6.314.433	35.362.207	26.883.629	69.813.861	109.892.906
Percentagem acumulada da construção (%)		2%	10%	13%	50%	100%
Custo total da fase de construção (€)		248.267.035				

Tabela 11 - Custos anuais da fase de utilização de 2021 a 2032

Módulo	Sub-módulo	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
B2.1 – Gestão da infraestrutura	Manutenção ordinária	850.516	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	
	Pessoal de manutenção ordinária	485.357	488.997	492.665	496.360	500.082	503.833	507.612	511.419	515.254	519.119	523.012	526.935	
	Inspecções	175.818	176.684	177.556	178.435	179.320	180.212	181.111	182.017	182.929	183.848	184.775	185.708	
	Pessoal de portagens	745.976	386.044	399.323	408.392	417.545	426.782	436.103	446.457	455.793	461.365	466.911	472.437	
	Gestão de portagens	500.661	254.865	259.459	263.800	268.169	272.567	276.993	281.440	285.891	286.615	287.343	288.077	
	Pessoal e escritórios	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304
	Equipamentos	268.680	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Manutenção regular de pavimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.107.956	
B2.2 – Seguros	Seguros	696.818	636.997	640.480	644.412	648.779	650.865	652.356	653.931	655.595	657.352	658.850	660.417	
B2.5 – Taxas	Taxas	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	
B2.7 – Outros aspectos económicos	Consultoria	205.919	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	
B3 – Custos de reparação	Manutenção extraordinária estrutural	0	0	0	0	0	7.355	0	0	0	699	0	7.355	
B4 – Custos de substituição	Substituição de elementos da infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	96.842	96.842	96.842	96.842	
	Substituição de sistemas de IT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	597.200	9.997.993	
Custo total anual da fase de utilização		5.704.807	4.699.217	4.725.114	4.747.030	4.769.527	4.797.245	4.809.805	4.830.894	4.947.936	4.961.472	5.570.564	17.099.350	

Tabela 12 - Custos anuais da fase de utilização de 2033 a 2043

Módulo	Sub-módulo	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	
B2.1 – Gestão da infraestrutura	Manutenção ordinária	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	
	Pessoal de manutenção ordinária	530.887	534.868	538.880	542.922	546.993	551.096	555.229	559.393	563.589	567.816	572.074	
	Inspecções	186.648	187.595	188.549	189.510	190.479	191.455	192.438	193.428	194.426	195.432	196.445	
	Pessoal de portagens	477.940	483.429	488.907	494.376	498.854	504.306	509.750	515.183	519.621	525.028	530.415	
	Gestão de portagens	288.817	289.563	290.318	291.080	291.850	292.629	293.416	294.210	295.011	295.818	296.631	
	Pessoal e escritórios	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304
	Equipamentos	0	0	127.162	107.322	0	0	0	0	0	0	0	0
	Manutenção regular de pavimentos	2.107.956	2.107.956	0	0	0	0	0	0	0	0	3.162.383	3.162.383
B2.2 – Seguros	Seguros	662.055	663.767	665.555	666.986	668.464	669.990	671.565	673.190	732.602	734.937	737.093	
B2.5 – Taxas	Taxas	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	
B2.7 – Outros aspectos económicos	Consultoria	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	
B3 – Custos de reparação	Manutenção extraordinária estrutural	0	0	44.559	0	0	7.355	0	699	0	0	0	
B4 – Custos de substituição	Substituição de elementos da infraestrutura	96.842	96.842	96.842	96.842	96.842	352.281	96.842	96.842	96.842	96.842	352.281	
	Substituição de sistemas de IT	795.336	0	0	0	0	0	0	0	597.200	9.997.993	795.336	
Custo total anual da fase de utilização		7.902.112	7.119.651	5.196.404	5.144.670	5.049.114	5.324.743	5.074.871	5.088.576	5.754.922	18.331.880	9.398.290	

Tabela 13 - Custos anuais da fase de utilização de 2044 a 2054

Módulo	Sub-módulo	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	
B2.1 – Gestão da infraestrutura	Manutenção ordinária	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	826.131	
	Pessoal de manutenção ordinária	576.365	580.688	585.043	589.431	593.851	598.305	602.792	607.313	611.868	616.457	621.081	
	Inspeções	197.465	198.494	199.530	200.573	201.625	202.684	203.752	204.827	205.910	207.002	208.102	
	Pessoal de portagens	534.798	540.142	544.469	548.766	554.006	558.222	562.392	566.517	570.591	574.615	578.589	
	Gestão de portagens	297.448	298.269	299.091	299.915	300738	301.560	302.378	303.193	304.003	304.808	305.608	
	Pessoal e escritórios	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304	1.157.304
	Equipamentos	0	0	0	0	0	127.162	0	0	0	0	0	
	Manutenção regular de pavimentos	3.162.383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B2.2 – Seguros	Seguros	739.290	741.526	743.803	743.803	743.803	743.803	743.803	743.803	743.803	743.803	743.803	
B2.5 – Taxas	Taxas	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	617.757	
B2.7 – Outros aspectos económicos	Consultoria	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	154.439	
B3 – Custos de reparação	Manutenção extraordinária estrutural	7.355	0	0	0	0	0	52.614	0	0	0	0	
B4 – Custos de substituição	Substituição de elementos da infraestrutura	96.842	96.842	96.842	333.360	352.281	0	0	0	0	0	0	
	Substituição de sistemas de IT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Custo total anual da fase de utilização		8.367.578	5.211.591	5.224.409	5.471.479	5.501.936	5.287.368	5.223.362	5.181.284	5.191.807	5.202.317	5.212.813	

6.3. Informatização dos dados

Após a organização de toda a base de dados realizada em Excel, esta passa a ser então introduzida no *software* LCC AM/QM. Um passo muito importante da análise passa pela correcta introdução e caracterização dos dados disponibilizados e objecto de estudo.

Inicialmente, segundo o manual desta ferramenta de cálculo, é necessário desenvolver uma hierarquia de custos, conforme demonstrado na Figura 12. Esta hierarquia de custos é composta por quatro níveis, a primeira engloba a totalidade da análise, a segunda é repartida pela fase de construção e utilização, a terceira divide-se pelos módulos de custos identificados no ponto 5.3 e a última é definida conforme os dados originais disponibilizados. Esta estrutura de dados facilita bastante a compreensão e eficaz execução da ACCV neste *software*.

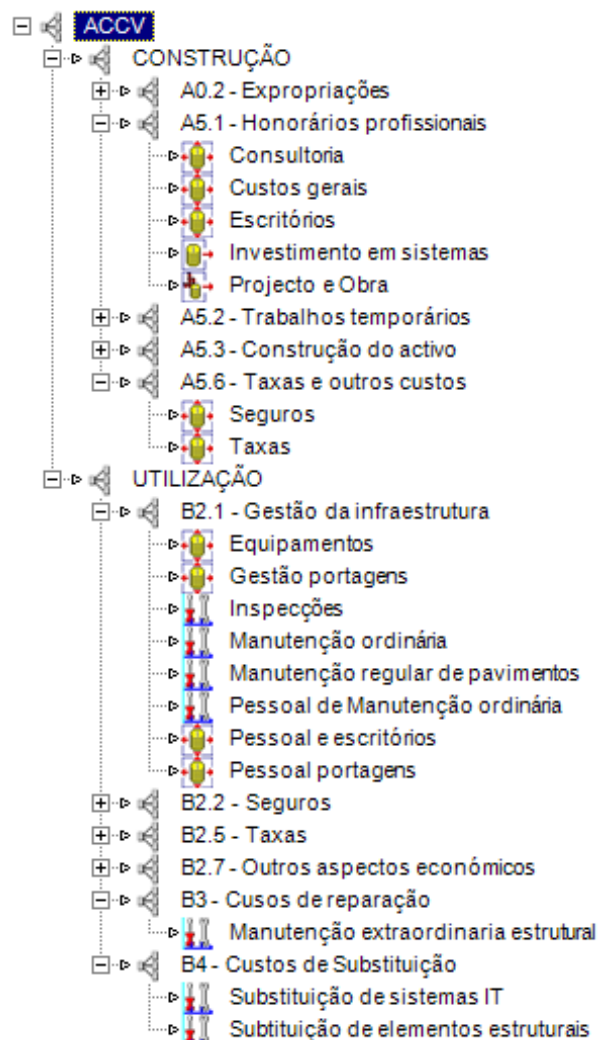


Figura 12 - Hierarquia de custos no LCC AM/QM

Todos os dados (ou objectos, conforme a nomenclatura do *software*) inseridos até ao terceiro nível da hierarquia, são definidos como “*Basic Group*”, sendo apenas necessário introduzir o seu respectivo nome e período de ocorrência.

Apresenta-se um exemplo da introdução do único objecto incluído no primeiro nível da hierarquia de custos, conforme se verifica na Figura 13. Primeiro, atribui-se o respectivo nome, que neste caso é ACCV, de seguida define-se como “*Basic Group*” e finalmente, por se tratar da totalidade da análise, abrange todo o ciclo de vida, tendo este início a 01-01-2016 e terminando a 31-12-2054.

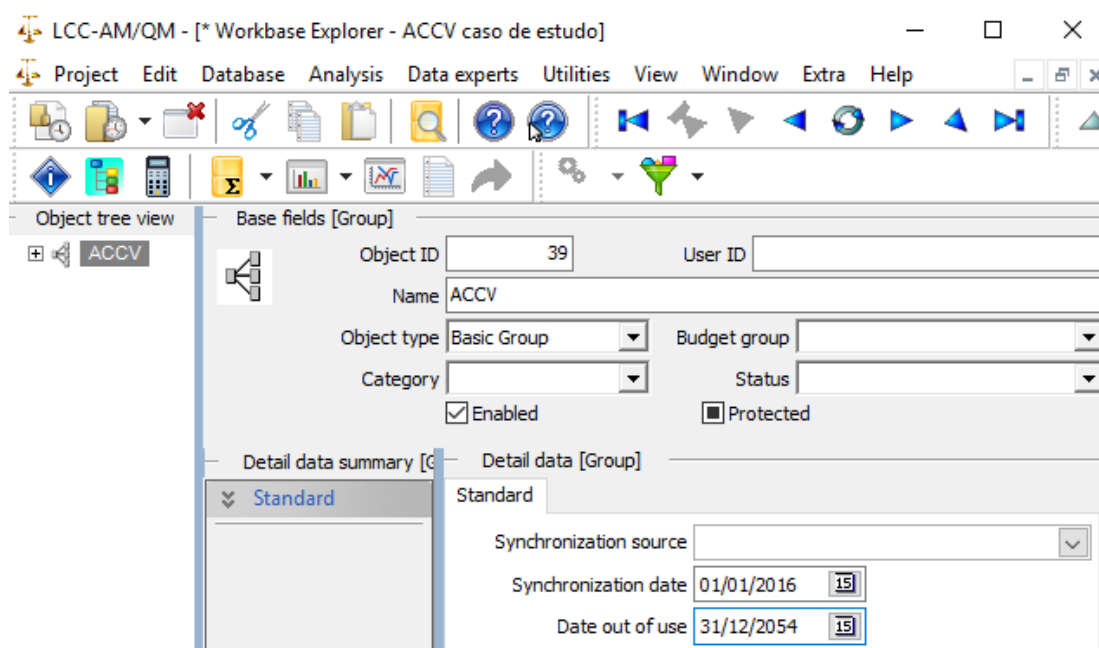


Figura 13 - Primeiro nível da hierarquia de custos

De seguida, passamos à introdução dos objectos referentes ao quarto nível da hierarquia, admitindo já terem sido introduzidos todos os dados referentes ao segundo e terceiro nível. É neste nível que passam a ser introduzidos os custos disponibilizados pela empresa. Neste caso, os custos são definidos conforme um dos seguintes tipos de objecto: custos de investimento, custos de produção, custos variados ou custos de manutenção.

A Tabela 14 apresenta a definição dos tipos de objectos de custos introduzidos por aplicação da metodologia proposta ao *software* LCC AM/QM, segundo os dados do caso de estudo. Conforme os tipos de objectos de custos escolhidos, é necessário ainda definir todas as suas características, sendo necessário para alguns deles definir a sua classificação, como se verifica na última coluna da Tabela 14.

Deve notar-se que os custos incluídos nos módulos A5.1, A5.2 e A5.3, não se encontram repetidos, apenas foi feita a sua repartição conforme as percentagens definidas no início do presente ponto 6.2.

Tabela 14 - Categorias de custos (LCC AM/QM)

	Módulo	Actividades	LCC – AM/QM	
			Tipo	Classificação
Construção	A0.2 – Expropriações	Expropriações	Variado	Recursos
	A5.1 – Honorários profissionais	Projecto e Obra	Produção	-
		Investimento em sistemas	Investimento	-
		Custos gerais	Variado	Outros
		Escritórios	Variado	Recursos
		Consultoria	Variado	Outros
A5.2 – Trabalhos temporários	Projecto e Obra	Produção	-	
	Investimento em sistemas	Investimento	-	
	Custos gerais	Variado	Outros	
	Escritórios	Variado	Recursos	
	Consultoria	Variado	Outros	
A5.3 – Construção do activo	Projecto e Obra	Produção	-	
	Investimento em sistemas	Investimento	-	
	Custos gerais	Variado	Outros	
	Escritórios	Variado	Recursos	
	Consultoria	Variado	Outros	
A5.6 – Taxas e outros custos relacionados com a permissão da construção	Seguros	Variado	Outros	
	Taxas	Variado	Outros	
Utilização	B2.1 – Gestão da infraestrutura	Manutenção ordinária	Manutenção	Preventiva
		Pessoal de manutenção ordinária	Manutenção	Preventiva
		Inspeções	Manutenção	Inspectiva
		Pessoal de portagens	Variado	Operacional
		Gestão de portagens	Variado	Operacional
		Pessoal e escritórios	Variado	Recursos
		Equipamentos	Variado	Recursos
		Manutenção regular de pavimentos	Manutenção	Correctiva
	B2.2 – Seguros	Seguros	Variado	Outros
	B2.5 – Taxas	Taxas	Variado	Outros
B2.7 – Outros aspectos económicos	Consultoria	Variado	Outros	
B3 – Custos de reparação	Manutenção extraordinária estrutural	Manutenção	Correctiva	
B4 – Custos de substituição	Substituição de elementos da infraestrutura	Manutenção	Correctiva	
	Substituição de sistemas de IT	Manutenção	Correctiva	

É apresentada então uma exemplificação conforme cada um dos tipos de objectos de custos decorrentes por aplicação da análise do caso de estudo ao *software*.

A Figura 14 representa a introdução dos dados referentes aos custos de consultoria. Para tal, é necessário primeiramente, definir o seu tipo de objecto, que neste caso é custo variado, depois define-se a sua respectiva data de início e final de aplicação e ainda o intervalo de tempo que se prevê contrair os respectivos custos. Neste caso, todos os custos são analisados conforme um intervalo de ocorrência anual e por isso mesmo, no separador “*Numeric*” do lado direito da Figura 14, introduzem-se os custos anuais ao longo do período definido. Para os custos variados, existem ainda vários tipos de classificação possíveis, sendo os utilizados no presente caso estudo, os seguintes: outros, gerais, recursos e operacionais. Para este caso concreto, referente aos custos de consultoria, estes foram classificados como outros.

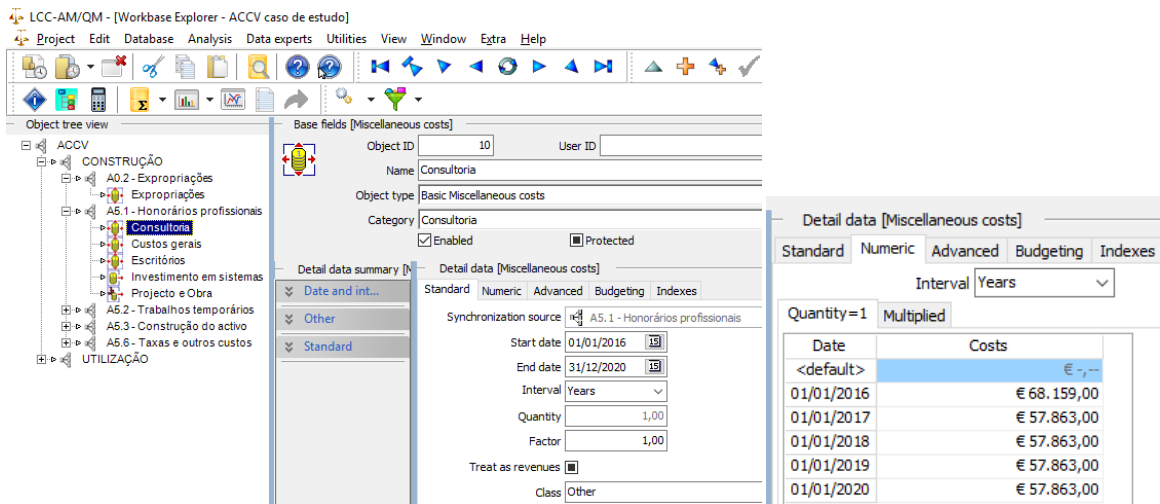


Figura 14 - Introdução dos dados referentes à consultoria (exemplificação de custo variado)

No presente caso de estudo, apenas um dos custos disponibilizados foi considerado como custo de investimento, sendo este o investimento em sistemas, durante a fase de construção. Para este tipo de objecto de custo, é necessário definir a sua data e valor de investimento. Existem ainda as opções de datas de substituição do investimento realizado, contudo, para o caso de estudo não foram disponibilizados dados referente a este aspecto (Figura 15).

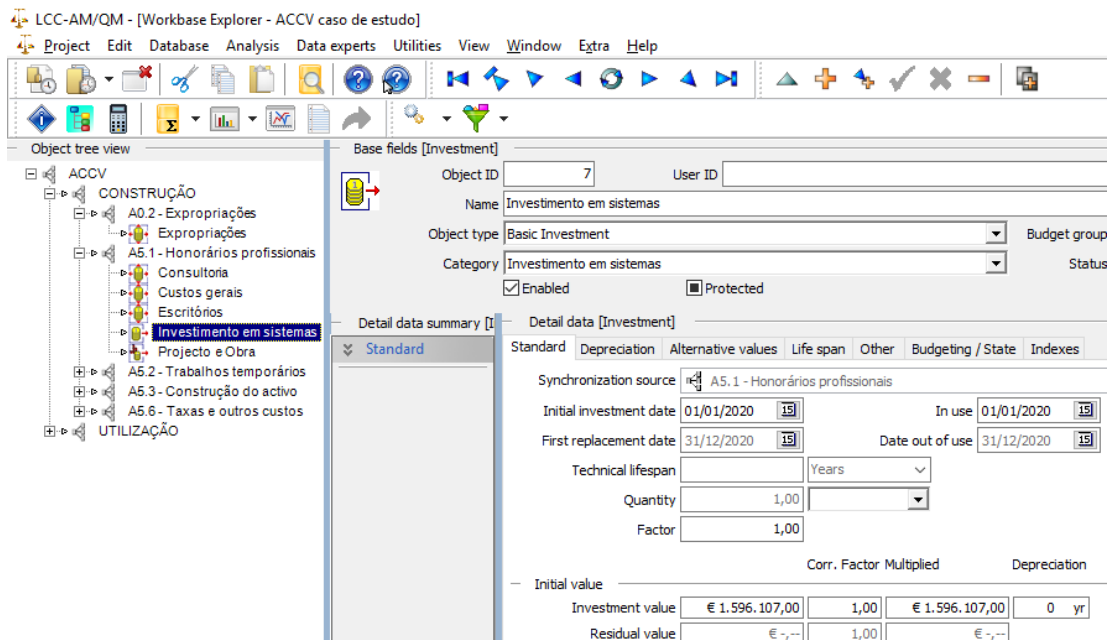


Figura 15 - Introdução dos dados referentes ao investimento em sistemas (exemplificação de custo de investimento)

Os custos do projecto e obra foram definidos como custos de produção, seguindo estes os passos semelhantes aos custos variados, ou seja, é necessário definir o período de início e final desta actividade, o intervalo do seu período de ocorrência (anos) e ainda os valores de custos anuais ao longo do período determinado (Figura 16).

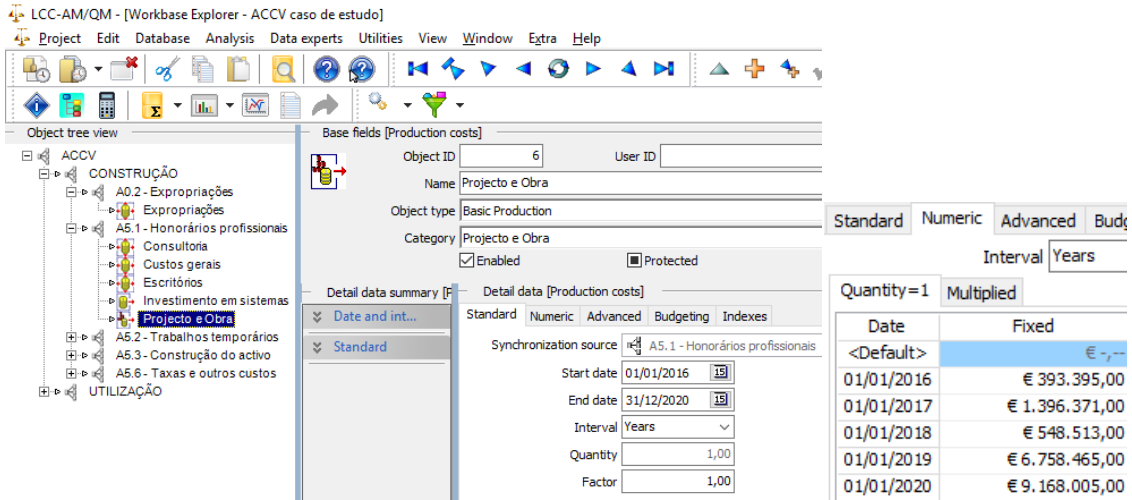


Figura 16 - Introdução dos dados referentes ao projecto e obra (exemplificação de custo de produção)

Na Figura 17 apresenta-se a caracterização dos custos de manutenção regular de pavimentos, definidos como custos de manutenção. Estas actividade de manutenção iniciam-se apenas em 2032 e, apresenta a sua última intervenção no ano de 2044, contudo, o seu valor não é anual ao longo de todo este período, mas sim anual ao longo de dois ciclos de 3 anos cada. Para tal, é necessário introduzir este facto no separador “Numeric”, deixando o periodo compreendido entre 2034 e 2041 com custos nulos. Para os custos de manutenção, deve ainda seleccionar-se a sua classificação, podendo ser uma manutenção inspectiva, preventiva, correctiva, adaptativa, ou outra. A manutenção regular de pavimentos é classificada como manutenção preventiva.

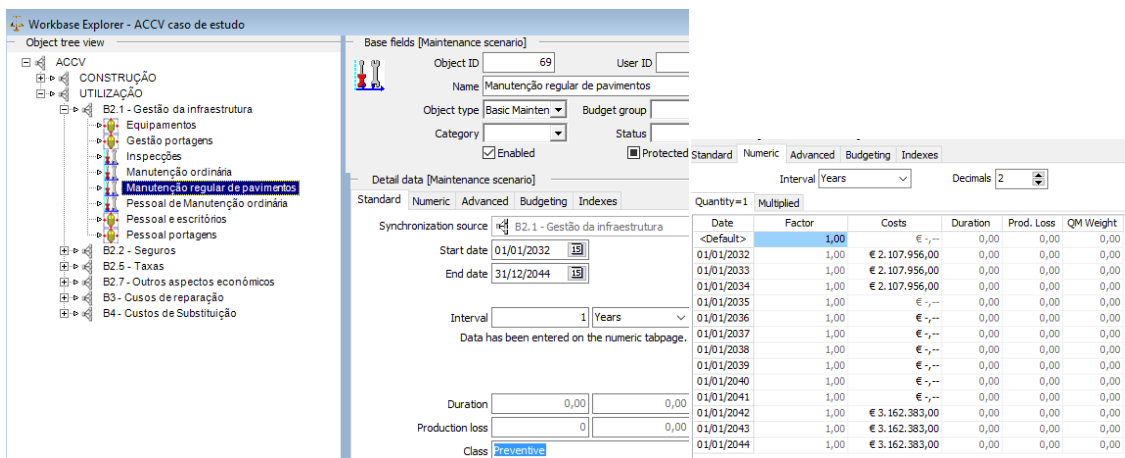


Figura 17 - Introdução dos dados referentes à manutenção regular de pavimentos (exemplificação de custo de manutenção)

Por forma a ser realizada uma análise selecionando os dados originais disponibilizados, é necessário criar uma categoria de custos para a fase de construção. Isto porque, com a repartição dos custos dos módulos A5.1, A5.2 e A5.3 conforme as percentagens admitidas coerentes, ocorreu uma repetição do nome de cada um destes custos, como se verifica na Figura 18. Por forma a não ocorrer esta repetição na apresentação dos gráficos da análise, é necessário desenvolver uma estratégia que passa fazer a correspondência de cada um destes custos a uma categoria. Para tal, é desenvolvida uma categoria de custos com todos os custos originais da fase de construção, conforme se representa na Figura 19. Como se pode verificar na Figura 14, Figura 15 e Figura 16, estes custos, por serem custos decorrentes na fase de construção, são ainda definidos conforme a sua categoria.

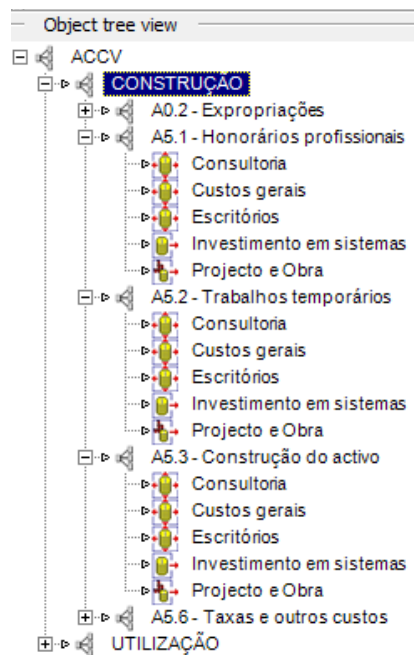


Figura 18 - Repetição dos custos dos módulos A5.1, A5.2 e A5.3

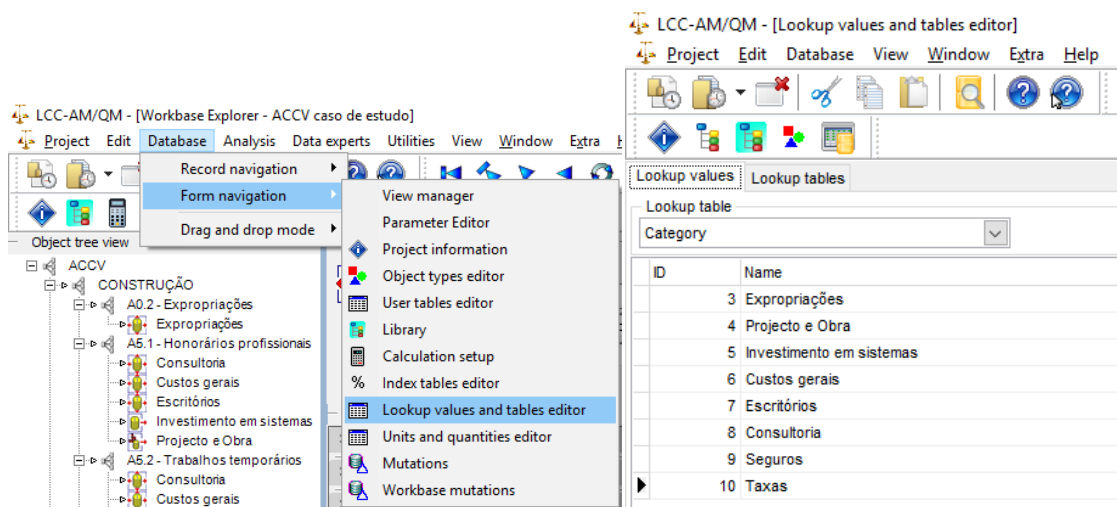


Figura 19 - Criação de uma categoria de custos

6.4. Execução da ACCV

Depois de introduzidos todos os objectos e definidas todas as suas características, pode então dar-se início à execução das análises. Este *software* permite uma grande variedade de análises, sendo necessário primeiramente definir as características das várias análises pretendidas. Nesta fase, são estudadas as análises marcadas a azul na Figura 20, deixando as restantes para o ponto 6.5 seguinte referente às simulações executadas para a análise.

Tal como já referido, o modo de execução e resultados da análise são apresentados separadamente por fase de construção, fase de utilização e todo o ciclo de vida da autoestrada.

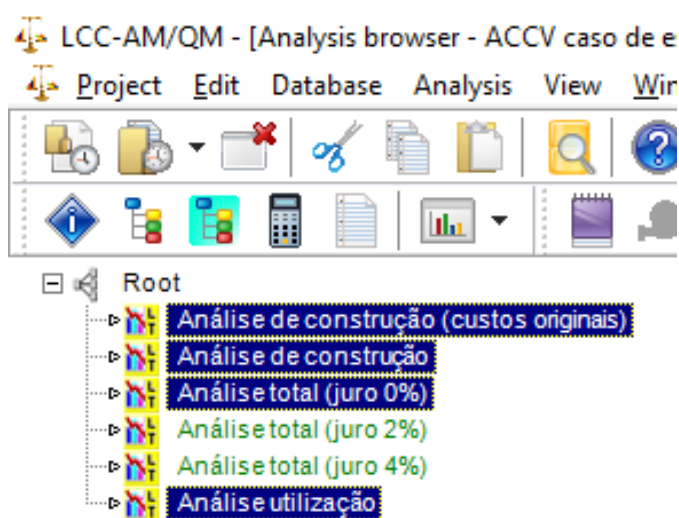


Figura 20 - Análises realizadas para o caso de estudo

Análise da fase de construção

Para cada análise é necessário definir as configurações de cálculo pretendidas.

Tendo como exemplo inicial a “análise de construção (custos originais)”, representada na Figura 21, é preciso definir o tipo de análise, que para o nosso caso de estudo, são sempre análises de longo prazo, e a raiz dos cálculos pretendidos, que neste caso é a “CONSTRUÇÃO”, localizada no segundo nível hierárquico de custos. É então necessário pré-definir o intervalo de tempo que se pretende para a execução da análise. Mais uma vez, tratando-se de uma análise que engloba toda a fase de construção, a sua data de início é de 01/01/2016 e a sua data final de 31/12/2020.

A “*probe date*” refere-se à data a que se pretende fazer a análise, que neste caso admitiu-se ser coincidente com a data de início de todo o projecto em estudo.

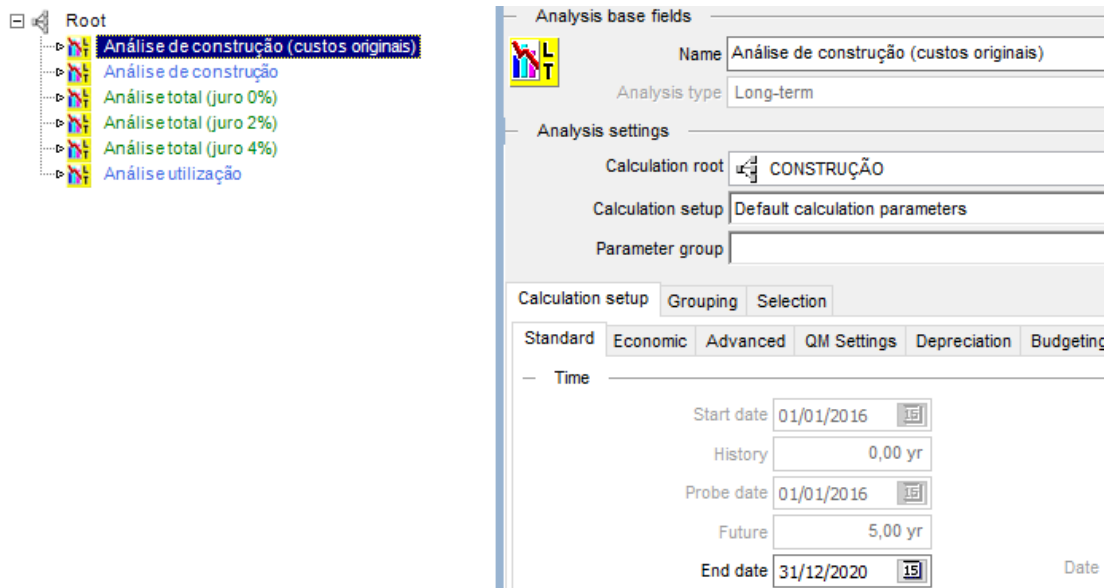


Figura 21 - “Análise de construção (custos originais)” – Configurações de cálculo

A “análise de construção (custos originais)” é a análise decorrente da fase de construção tendo como base para a representação dos seus gráficos, os custos originais disponibilizados. É aqui, que se tira partido da categoria de custos realizada para esta fase, descrita no final do ponto anterior. Para tal, é necessário identificar os dados que se pretendem utilizar para esta análise, sendo feita a selecção dos dados por categorias, conforme apresentado na Figura 22.

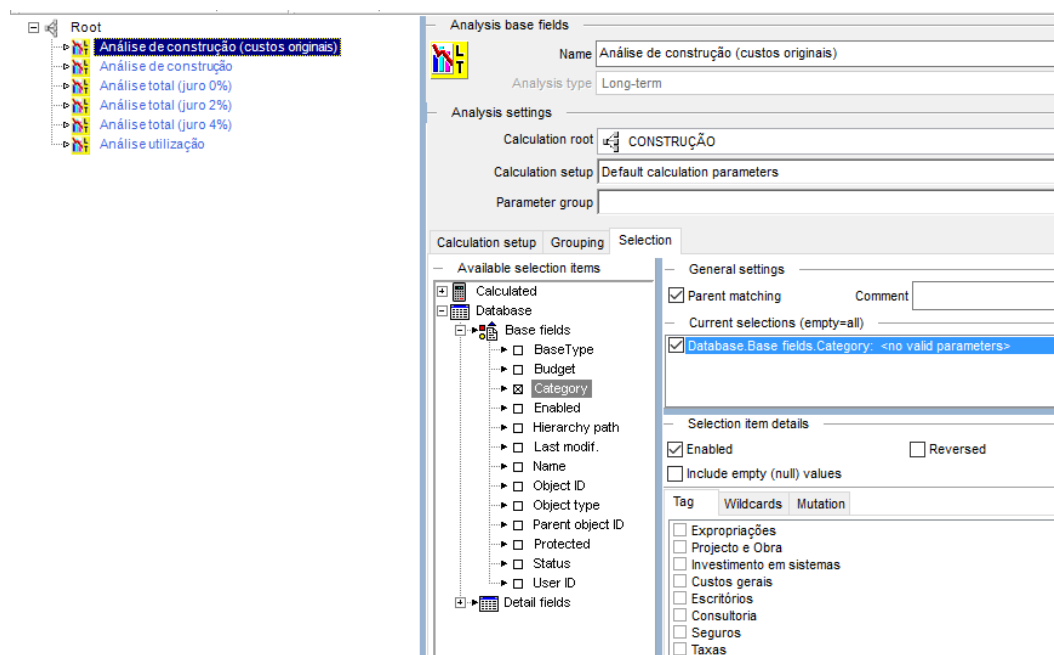


Figura 22 - “Análise de construção (custos originais)” – Selecção de dados

De seguida, após a definição de todas as características da análise, pode dar-se início à sua execução. Para tal, seleccionam-se os dados definidos na categoria criada e corre-se a análise, conforme apresentado no Gráfico 1. O gráfico escolhido para analisar esta fase em estudo, tendo por base a repartição de custos pelos dados disponibilizados, foi um gráfico de barras com resultados anuais repartidos pelos dados seleccionados a azul, provenientes da categoria de custos criada.

Nesta fase, recorda-se a

Tabela 10 do ponto 6.2, que apresenta a evolução da construção em termos de percentagem acumulada, notando-se uma evolução com um ritmo mais acentuado nos dois últimos anos do período de construção, passando de 13% em 2018 para 50% em 2019 e por fim, dando-se por concluída a obra em 2020. Este facto deve-se à redução das despesas referentes ao projecto e à obra de 2017 para 2018, como se verifica no Gráfico 1. Ainda neste gráfico verifica-se a reduzida expressão dos custos referentes a taxas, seguros e trabalhos de consultoria, sendo contrariamente os custos de projecto e obra e de expropriações os que representam um maior impacto para os custos contraídos durante esta fase.

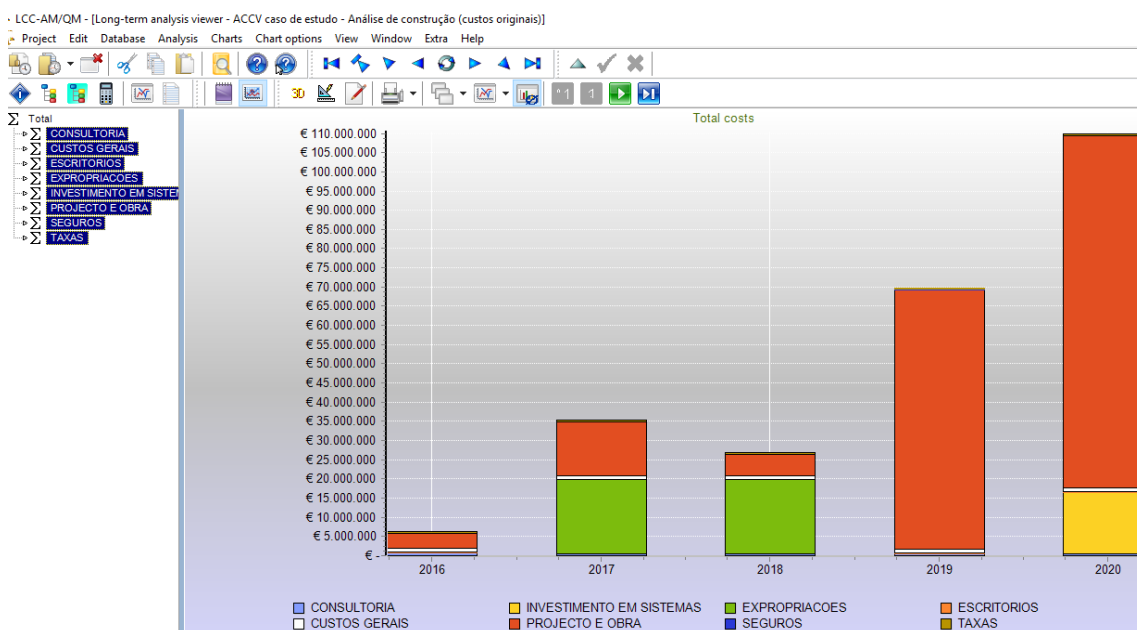


Gráfico 1 - Análise da fase de construção segundo os custos originais disponibilizados

Por forma a ser realizada outra análise da fase de construção, porém com recurso aos dados conforme os módulos definidos na metodologia desenvolvida, é necessário criar outra análise e definir novamente os seus parâmetros. É então criada a “análise de construção”, que tem as mesmas definições de cálculo que a análise anterior por se tratar da mesma fase do ciclo de vida. Neste caso, o que se altera são os dados que utiliza como base, que são os dados definidos na hierarquia de custos. Portanto, tal como se verifica na Figura 23, é necessário seleccionar os dados hierárquicos e

definir o seu nível de abrangência, que neste caso são três, a partir do nível dois de “CONSTRUÇÃO”.

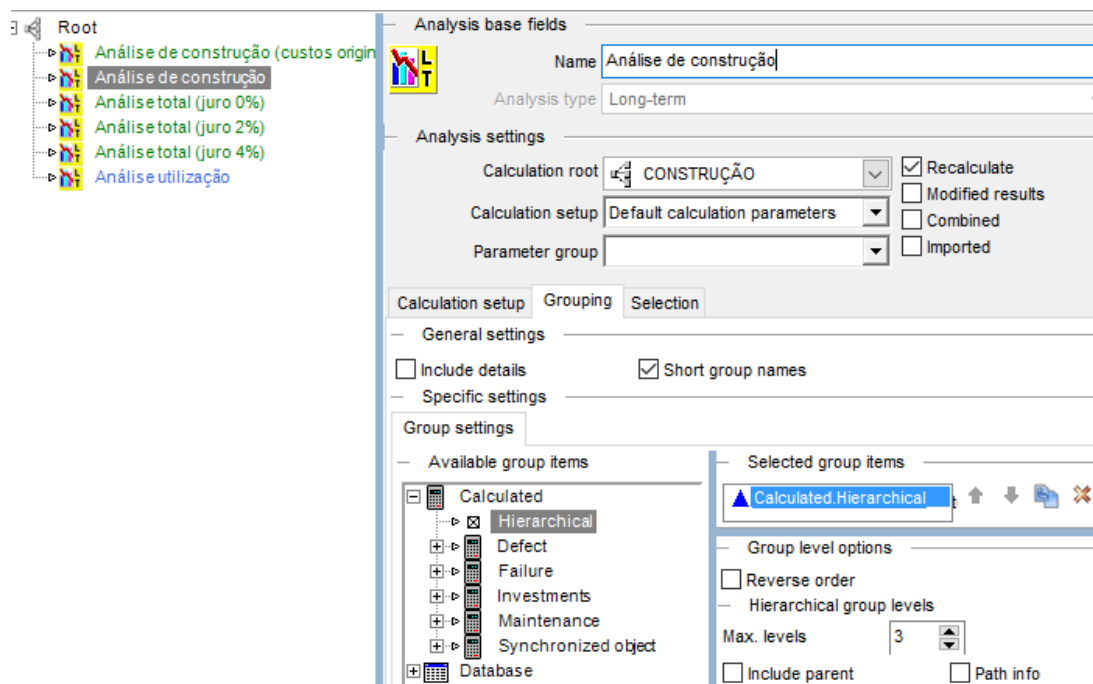


Figura 23 - “Análise de construção” segundo os módulos da metodologia

Mais uma vez selecionam-se os dados que se pretendem e corre-se a análise.

Este *software* permite diferentes tipos de análises e gráficos. A partir dos dados seleccionados, que neste caso são os dados referentes aos módulos definidos na metodologia, apresentam-se alguns dos gráficos possíveis - Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 4.

O Gráfico 2 é um gráfico de barras que apresenta a distribuição de custos anual por módulo.

O Gráfico 3 é um gráfico circular que apresenta o custo total da fase de construção repartido pelos módulos incluídos nesta fase, bem como as suas respectivas percentagens.

Por último, apresenta-se o Gráfico 4, um gráfico de barras repartido pelo custo total de cada módulo durante a fase de construção, e ainda, cada um destes módulos repartidos por tipo de objecto seleccionado (custos variados, de investimento ou produção).

Fazendo uma análise conjunta ao Gráfico 2 e ao Gráfico 3, verifica-se uma forte preponderância dos custos contraídos pelo módulo A5.3 referente à construção do activo, representando 66,9% do total dos custos despendidos nesta fase de estudo, tendo esta uma maior expressão no ano de 2020. De seguida, também os custos referentes ao módulo A0.2 das expropriações representam uma parcela significativa de custos contraídos durante esta fase (15,44%), devendo ser-lhe dado a devida importância. Os custos referentes a este módulo são distribuídos unicamente entre o ano de 2017 e 2018. A estimativa de repartição percentual de custos referente ao agrupamento dos módulos A5.1, A5.2 e A5.3 realizada anteriormente, reflecte-se na igual percentagem de 8,36% para ambos os módulos A5.1 e A5.2, tendo estes maior aplicação nos últimos dois anos da fase de construção.

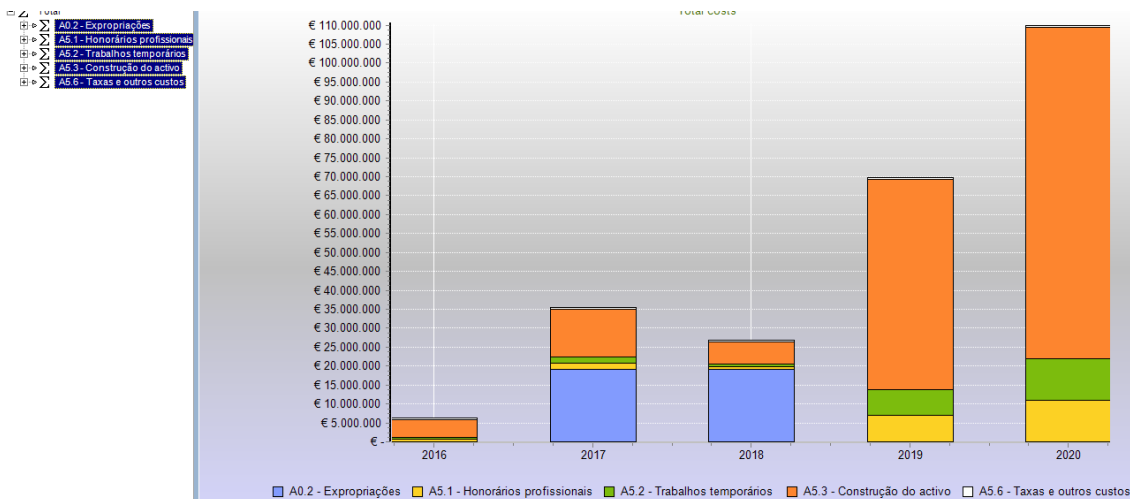


Gráfico 2 - Análise da fase de construção segundo os módulos da metodologia

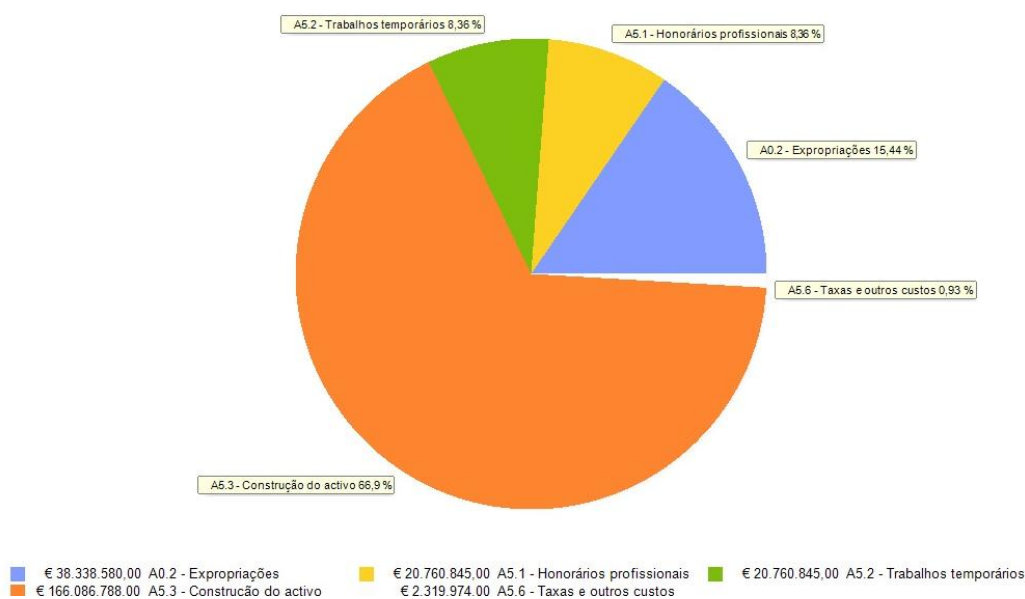


Gráfico 3 - Análise da fase de construção segundo os módulos da metodologia (circular)

Aquando da introdução dos dados no *software*, foram identificados os tipos de objectos introduzidos, variando entre custos de produção, investimento, manutenção ou custos variados. O Gráfico 4 reflecte essa mesma definição por módulo da metodologia, verificando-se uma forte preponderância dos custos de produção, devido essencialmente aos custos de projecto e obra. De qualquer forma, também os custos variados apresentam uma parcela considerável, sobretudo da responsabilidade dos custos do módulo A0.2 referentes às expropriações. Os custos de investimento da responsabilidade do investimento realizado em sistemas, foi repartido entre as categorias A5.1, A5.2 e A5.3, apresentando maior expressão no módulo A5.3 devido à atribuição de maior percentagem a este módulo.

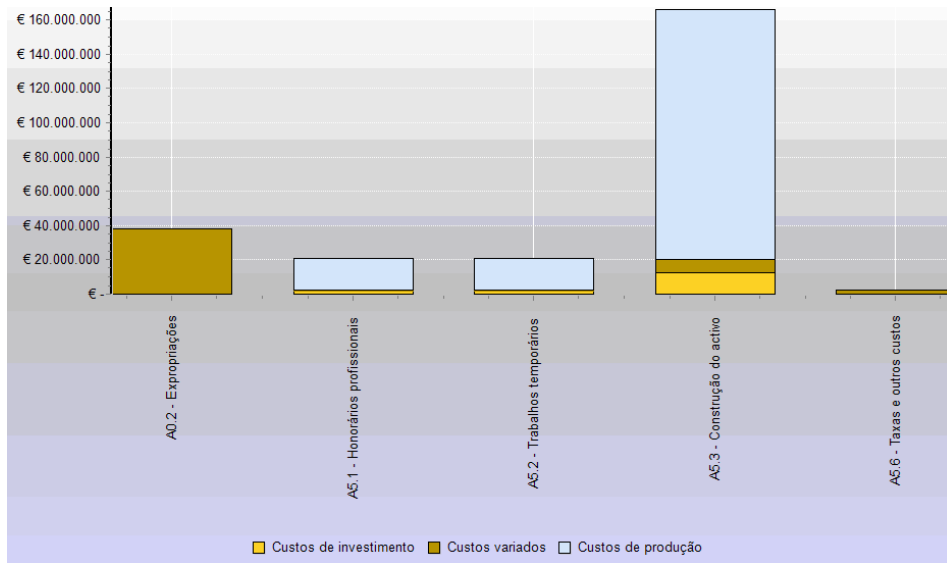


Gráfico 4 - Análise da fase de construção segundo os módulos da metodologia (barras)

Análise da fase de utilização

De seguida, passa-se para a execução das análises durante a fase de utilização, sendo necessário definir novamente os seus parâmetros análise. Neste momento é preciso definir outro período de cálculo, que neste caso abrange a fase de utilização da autoestrada, de 2021 a 2054 (Figura 24). Quanto à selecção de dados, esta segue os mesmos parâmetros da análise anterior, utilizando como base os dados hierárquico, mas neste caso a raiz dos cálculos pretendidos é a “UTILIZAÇÃO”.

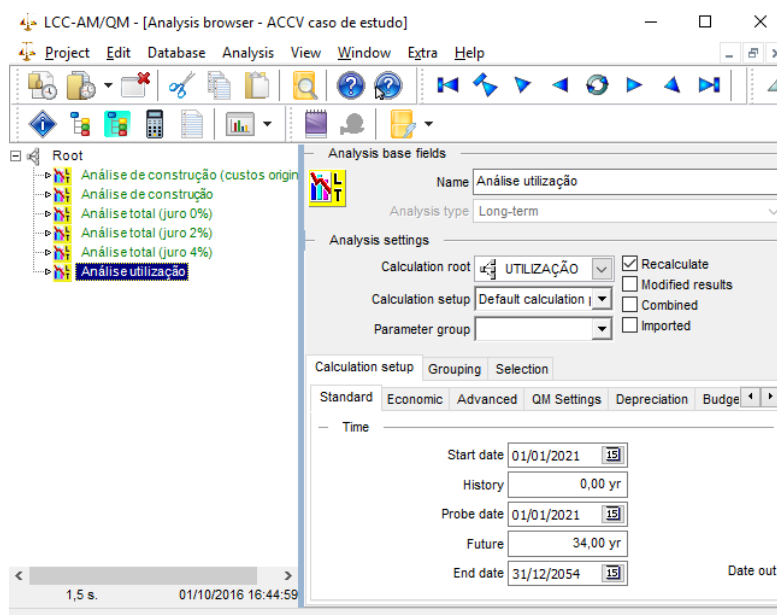


Figura 24 - “Análise de utilização” – Configurações de cálculo

Depois de selecionados os dados pretendidos, correm-se as análises. O Gráfico 5 é um gráfico circular que apresenta as repartições em termos de custos totais e respectivas percentagens de cada um dos módulos da fase de utilização do activo. Pode ainda ser realizada uma análise anual, através de um gráfico de barras repartidas pelos módulos da metodologia (Gráfico 6).

Existe ainda a possibilidade da execução de análises de manutenção, às quais incluímos qualquer tipo de actividade de reparação, manutenção, substituição e até mesmo inspecções.

Para as actividades de manutenção, optou-se pela execução de gráficos de barras que permitam uma análise anual por forma a serem evidentes as periodicidades de cada uma delas. Apresentam-se dois gráficos referentes à análise de manutenção, o Gráfico 7 e o Gráfico 8. O Gráfico 7 apresenta uma repartição de barras conforme os custos originais de actividades de manutenção disponibilizados. Já o Gráfico 8 apresenta uma repartição conforme a classificação das diferentes operações de manutenção. Esta classificação foi definida aquando da introdução dos dados no *software*, conforme se exemplificou na Figura 17. Deve chamar-se à atenção para a necessidade da selecção dos dados originais referentes a actividades de manutenção, marcadas a azul no Gráfico 7, por forma a realizar-se uma análise que abrangesse unicamente custos de manutenção.

Todos estes gráficos têm como base as tabelas 11, 12 e 13, devendo ser realizada a sua análise de forma conjunta para permitir uma melhor percepção dos resultados.

Conforme se verifica no Gráfico 5, o módulo B2.1 referente à gestão da infraestrutura é o que mais contribui para os custos totais da fase de utilização da autoestrada (64,3%). As actividades que mais contribuem para o módulo B2.1 são as actividades relacionadas com a manutenção ordinária (MO) e os encargos com pessoal e escritórios.

As actividades relacionadas com a MO, incluindo pessoal, apresentam uma periodicidade e custos anuais fixos, conforme se verifica no Gráfico 7. A MO apresenta um custo fixo anual, à excepção do primeiro ano de utilização, enquanto os encargos referentes ao pessoal de MO apresentam uma evolução crescente anual ao longo do período de utilização da autoestrada, provavelmente devido ao aumento gradual do nível de degradação de elementos da autoestrada. Os encargos com pessoal e escritórios são também responsáveis pela maior expressão do módulo B2.1, apresentando uma periodicidade anual fixa, com custos também anuais fixos relativamente elevados ao longo de todo o período de utilização.

O valor reduzido de custos referentes ao investimento de equipamentos (0,14%) deve-se à sua pouca periodicidade anual, ao contrário da maioria das actividades decorrentes neste módulo. Por outro lado, não foram disponibilizadas informações quanto ao tipo nem função dos equipamentos adquiridos, não possibilitando desta forma a realização de uma análise mais detalhada quanto às razões para este valor mais baixo.

Ao se analisar o Gráfico 6, verificam-se dois ciclos de custos mais elevados em relação à média anual de custos durante esta fase, compreendidos entre 2032 a 2034 e 2042 a 2044, da responsabilidade dos módulos B2.1 e B4. Por forma a se compreender a origem deste aumento,

recorre-se ao Gráfico 7, onde se verifica um grande investimento na substituição de sistemas de IT (SIT) do módulo B4 associado ainda aos custos de manutenção regular de pavimentos (MRP) do módulo B2.1. A MRP apresenta custos anuais ao longo dos ciclos referidos, aproximadamente semelhantes, enquanto a SIT apresenta dois picos extremamente elevados em 2032 e 2042.

Ao se analisar o Gráfico 6, verifica-se que os módulos B2.2, B2.5 e B2.7 apresentam uma periodicidade anual com custos aproximadamente semelhantes, ao longo do período de utilização. No Gráfico 7 identifica-se ainda o impacto extremamente reduzido dos custos referentes à SEI e MEE, devido ao carácter pontual de ocorrência de elementos que necessitem deste tipo de intervenção e aos seus custos muito pouco significativos em relação à totalidade dos custos de utilização.

Os custos referentes a actividades de manutenção podem ser classificados como manutenções inspectivas, correctivas ou preventivas, conforme as opções tomadas na Tabela 14, sendo esta repartição demonstrada no Gráfico 8. Mais uma vez, identificam-se os picos de custos em 2032 e 2042 devido especialmente à categoria de manutenção correctiva, neste caso à SIT mas também à categoria de manutenção preventiva, referente à MRP. Por outro lado, verifica-se a ligeira evolução linear dos custos relacionados com as inspecções, bem como a sua reduzida expressão face à totalidade dos custos de manutenção.

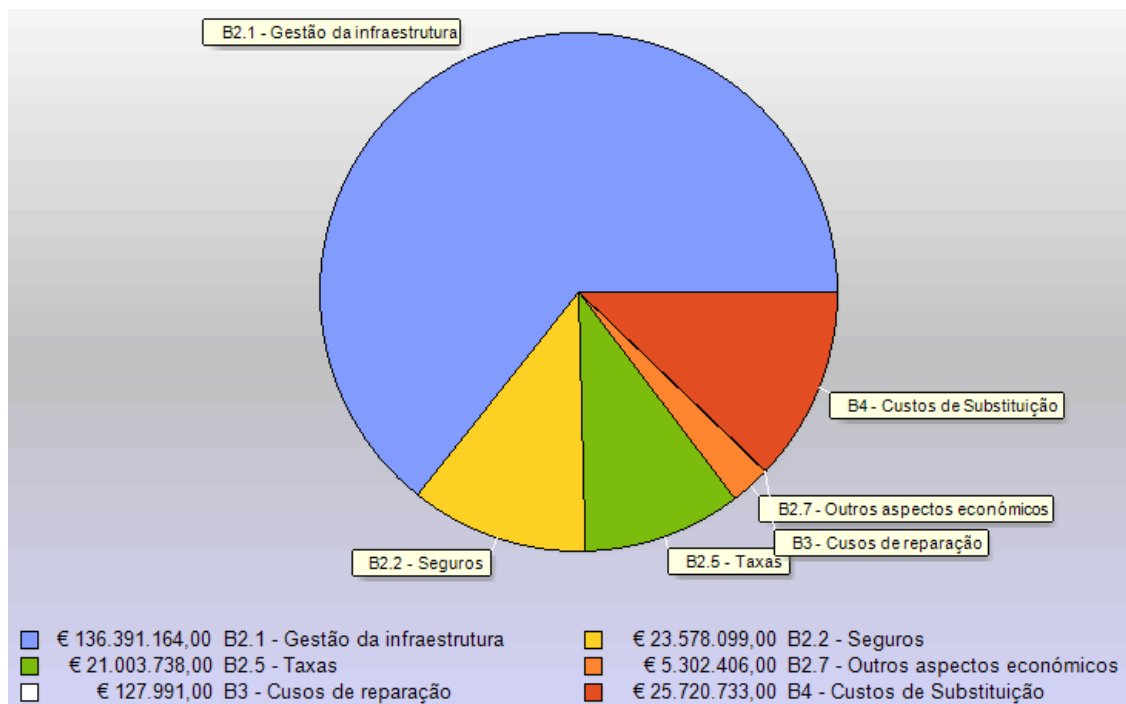


Gráfico 5 - Análise da fase de utilização por módulos da metodologia (circular)

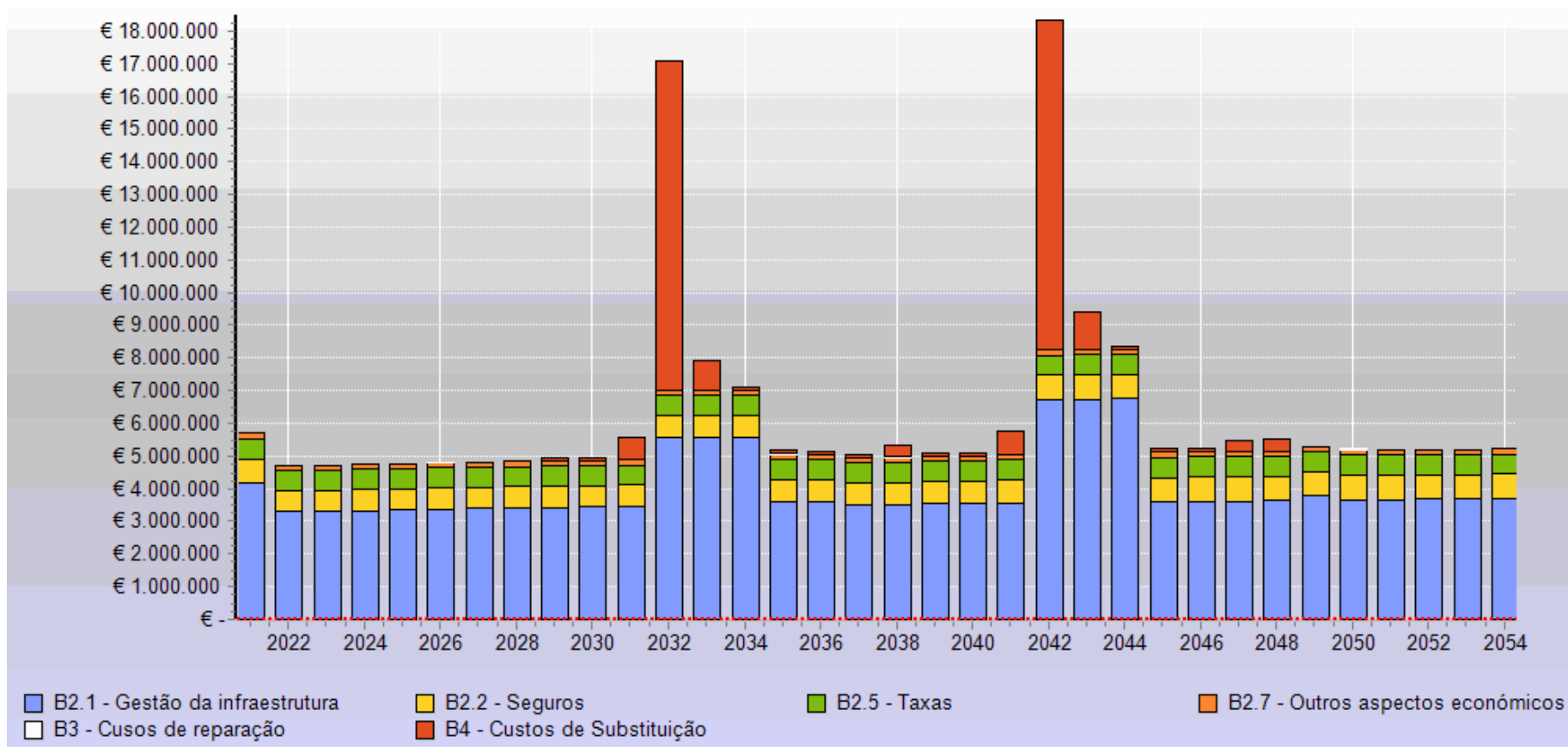


Gráfico 6 - Análise da fase de utilização por módulos da metodologia (barras)

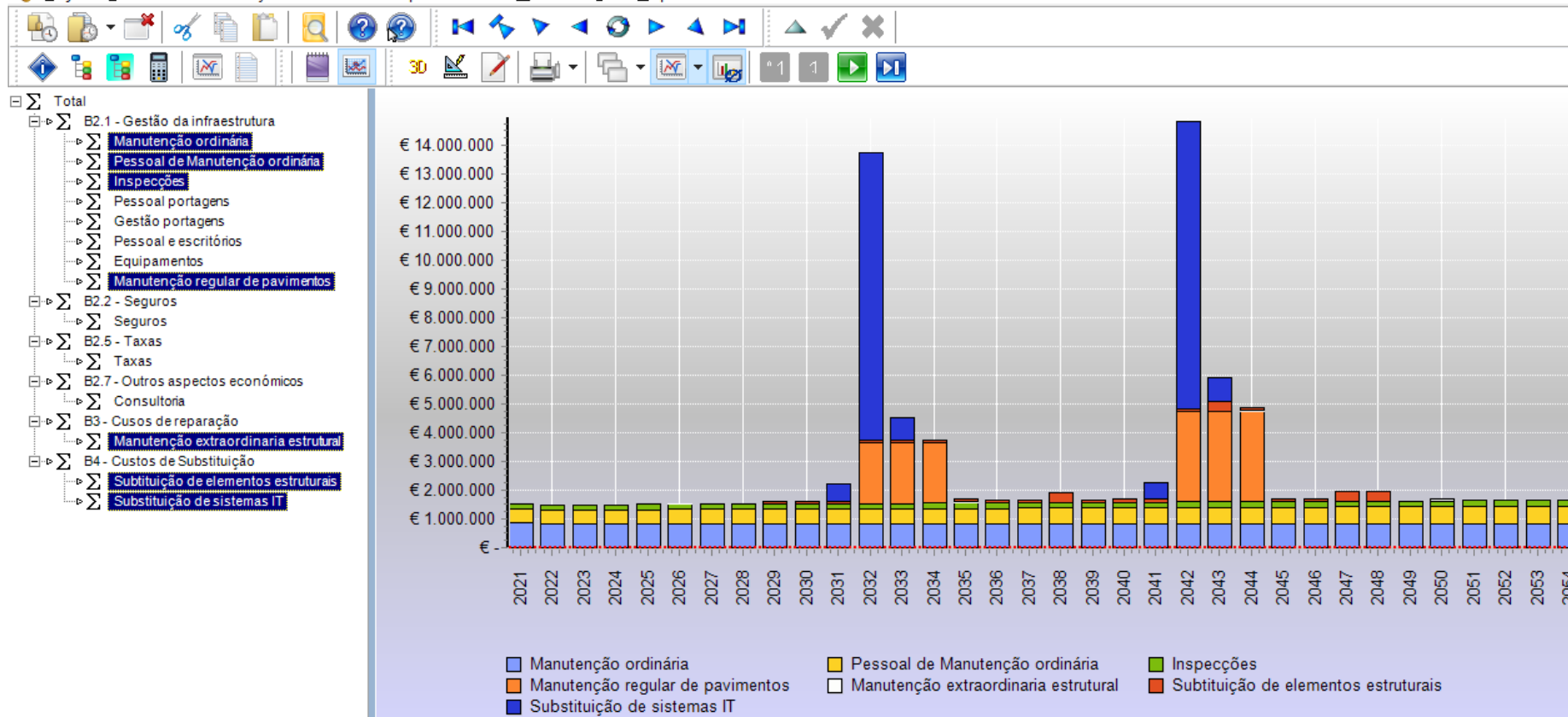


Gráfico 7 - Análise da fase de utilização - Manutenção

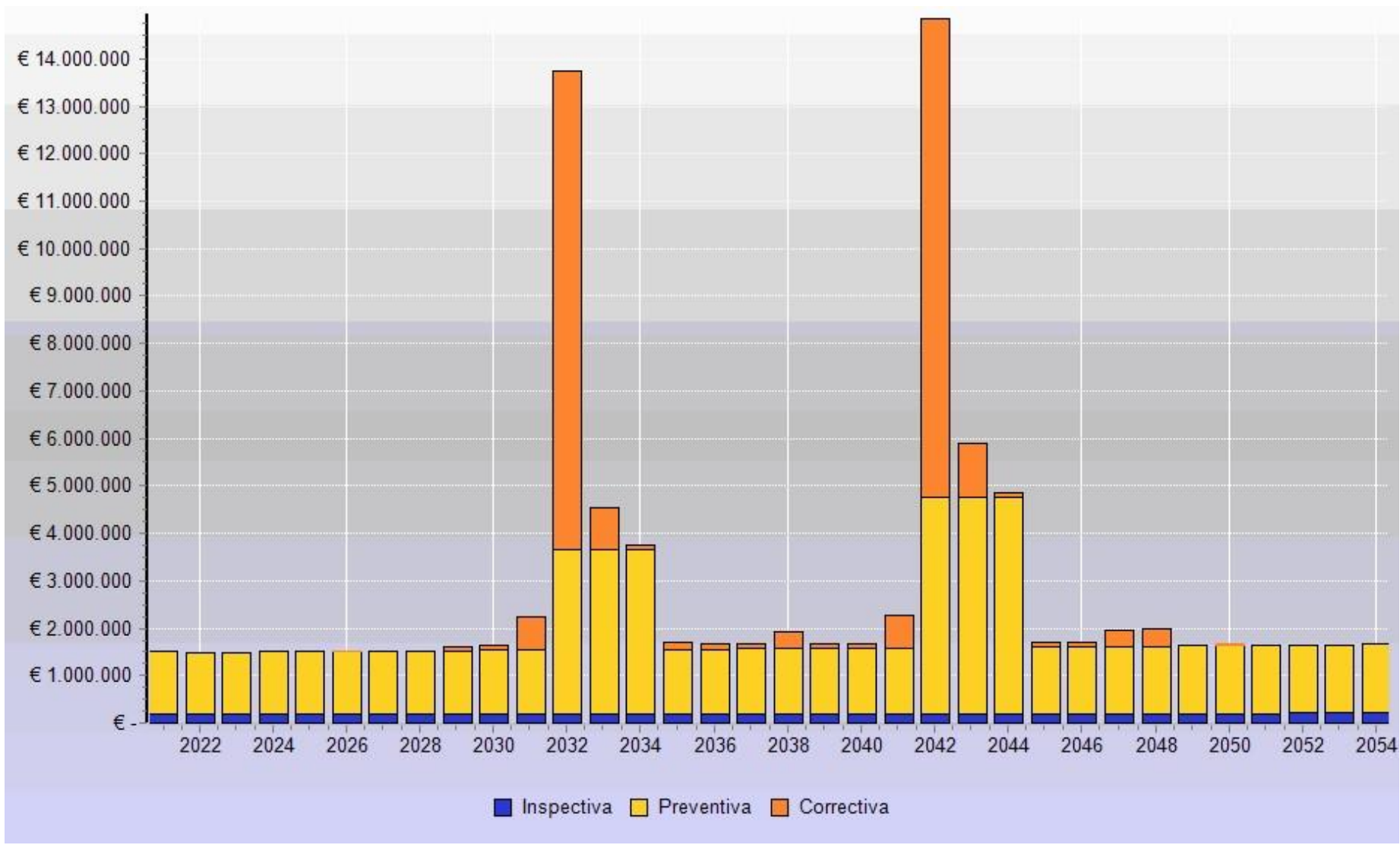


Gráfico 8 - Análise da fase de utilização – Classificação da manutenção

Análise de todo o ciclo de vida

São ainda corridas análises que englobam a totalidade do ciclo de vida considerado, que neste caso são o período de construção e de utilização. Inicialmente apresentam-se as análises de custos totais finais através de gráficos circulares. O Gráfico 9 faz apenas a repartição entre os custos totais da fase de construção e da fase de utilização. O Gráfico 10 evidencia a expressão que cada um dos módulos representa na globalidade da análise, em termos de custos e percentagens. Esta mesma análise pode ser apresentada de outra perspectiva através de um gráfico de barras, permitindo identificar em termos globais de custos, quais os módulos que representam maior expressão para a análise (Gráfico 11).

Estes três gráficos, são o resultado dos dados provenientes da Tabela 9. Em termos globais, verifica-se que os custos contraídos durante a fase de utilização são praticamente da mesma ordem de grandeza dos custos contraídos durante a fase de construção, remetendo uma vez mais para a importância que deve ser dada perante uma análise mais detalhada e exigente da fase de utilização dos activos. Por este mesmo motivo, a execução de análises do ciclo de vida é essencial para perceber o custo real aproximado associado a um determinado activo e permitindo desta forma, uma melhor tomada de decisões iniciais por parte do decisor.

O módulo referente à construção do activo é a que representa uma maior expressão nos custos globais deste caso de estudo, com 36%, seguindo-se pelo módulo B2.1 referente à gestão da infraestrutura com 29,63%. O módulo referente às expropriações também representa uma parcela importante neste estudo, representando 8,33% dos custos globais. Os módulos A5.6, B2.7 e B3 apresentam percentagens abaixo dos 1,50%, sendo as que menos contribuem para o valor dos custos totais do estudo. Os restantes módulos rondam à volta dos 5% dos custos globais contraídos.

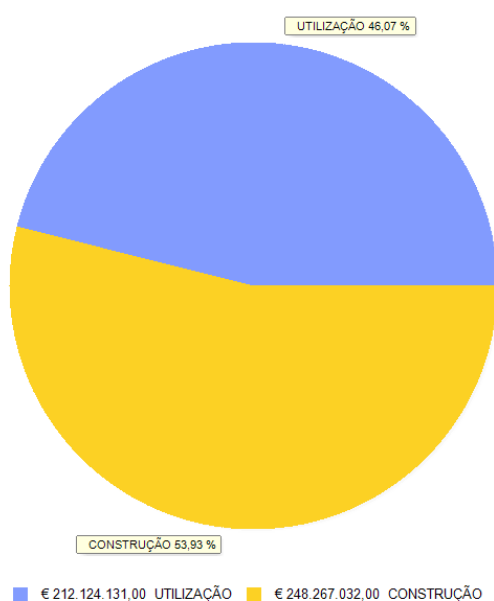


Gráfico 9 - Análise total do ciclo de vida por fases da metodologia (circular)

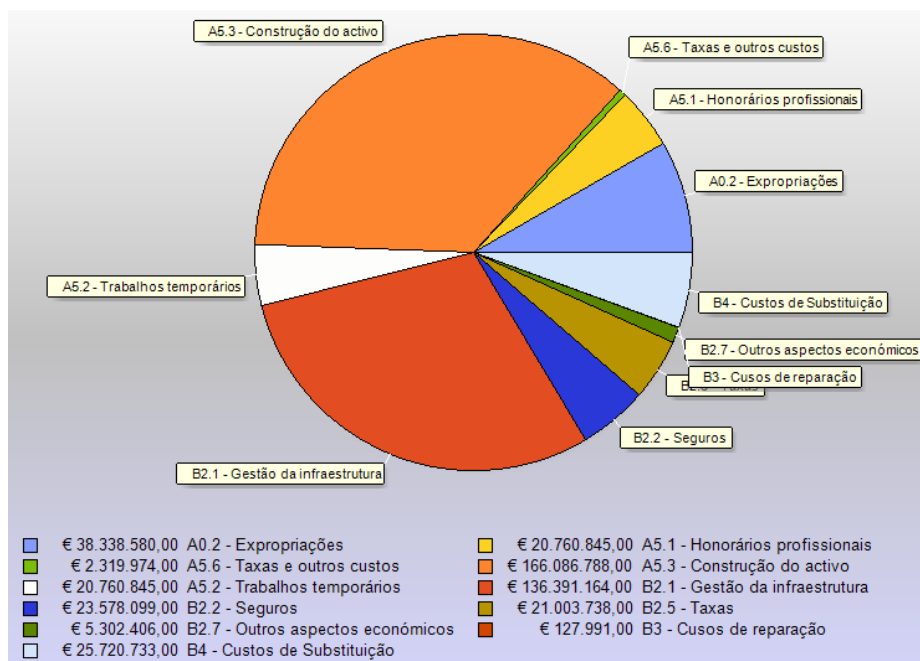


Gráfico 10 - Análise total do ciclo de vida total por módulos da metodologia (circular)

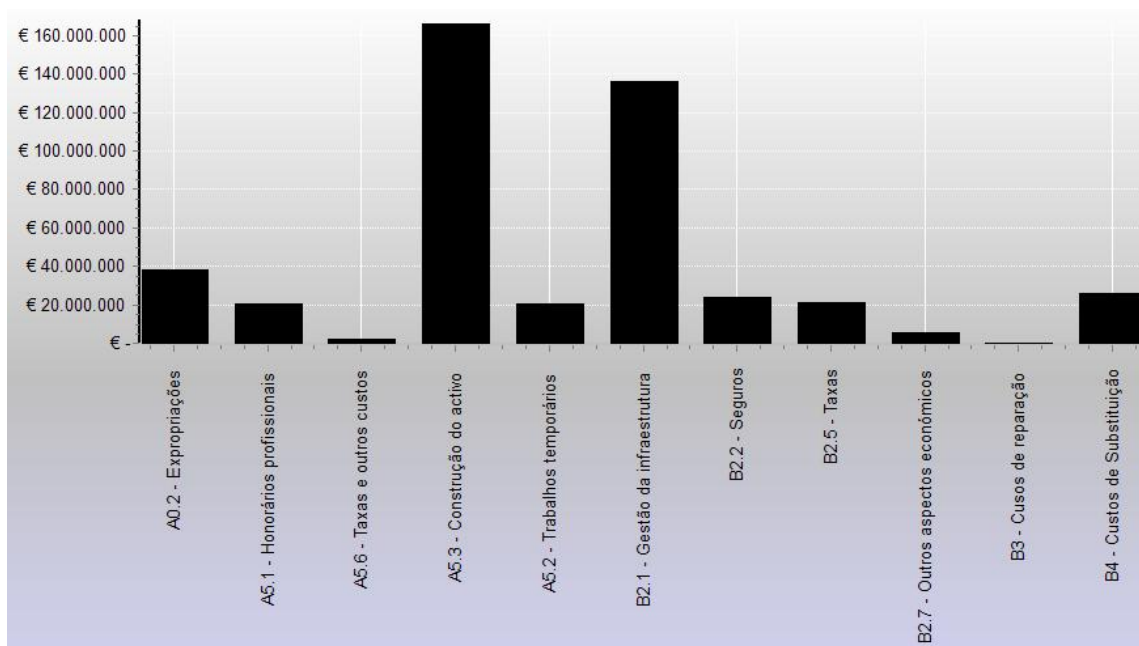


Gráfico 11 - Análise total do ciclo de vida total por módulos da metodologia (barras)

Realizou-se ainda um gráfico circular em Excel, porém, com dados resultantes de análises realizadas pelo *software*, relacionados com os custos médios anuais das análises realizadas (Gráfico 12). Como se verifica na base do Gráfico 14, encontra-se informação relacionada com o custo médio anual da análise, realizado automaticamente pelo *software*, tendo sido apenas necessário traduzir o texto para português.

Ainda em termos de custos anuais, através do Gráfico 13 consegue fazer-se uma análise anual por módulos da metodologia ao longo de todo o seu ciclo de vida considerado. Pode ainda ser feita uma análise por tipo de custos existente, em termos anuais (Gráfico 14), conforme definido na Tabela 14. Verifica-se, como seria de esperar, uma média de custos anuais durante a fase de construção francamente superior à fase de utilização. Isto deve-se essencialmente à grande diferença de períodos de análise definidos para cada uma destas fases, apresentando a fase de construção um período de apenas 5 anos comparativamente aos 34 anos de análise da fase de utilização. Este facto resulta obviamente num acumular de custos, resultando numa média de custo anual durante a fase de construção de aproximadamente 49.5M€, comparativamente ao custo médio anual total de aproximadamente 12M€, tendo sido este reduzido pelos custos anuais da fase de utilização.

Nesta análise verifica-se um grande pico de custos no ano de 2020, correspondente ao último ano da fase de construção devido especialmente ao módulo A5.1 e verificam-se ainda os picos de custos anteriormente referidos no ano de 2032 e 2042 da fase de utilização devido a encargos ocorridos sobretudo no módulo B4 (Gráfico 13).

Fazendo a mesma análise mas conforme a perspectiva do Gráfico 14, segundo uma repartição por tipo de custo, identifica-se a preponderância do sector da produção representado pelo projecto e obra, seguido pelo sector dos custos variados que englobam uma variedade de custos identificados na Tabela 14.

Conforme o exemplificado na Figura 14, é necessário classificar-se os custos variados, por forma a que o *software* disponibilize posteriormente uma análise anual com a repartição dos custos variados, conforme a sua classificação definida (Gráfico 15). Nesta análise, verificam-se dois picos de custos variados da responsabilidade de custos correspondentes à contração de recursos por parte das expropriações. Este gráfico permite ainda verificar uma repartição praticamente equitativa e constante dos diferentes tipos de custos variados ao longo dos anos de utilização da autoestrada.

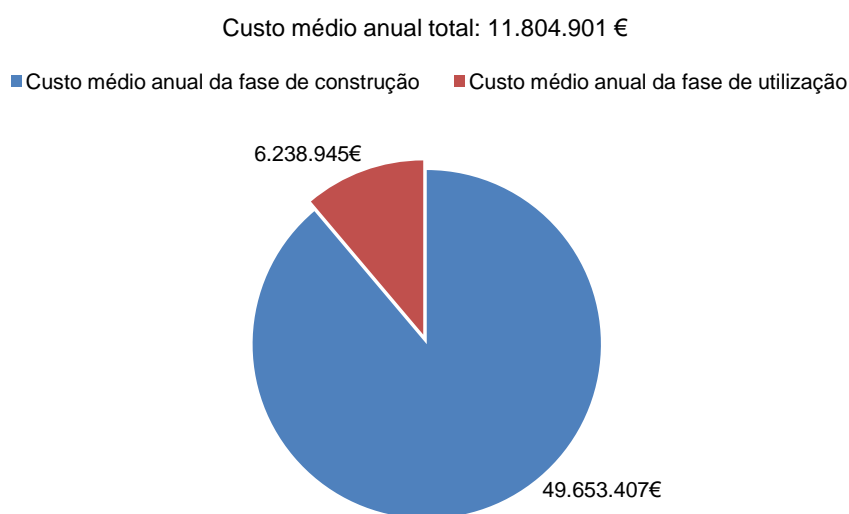


Gráfico 12 - Custos médios anuais

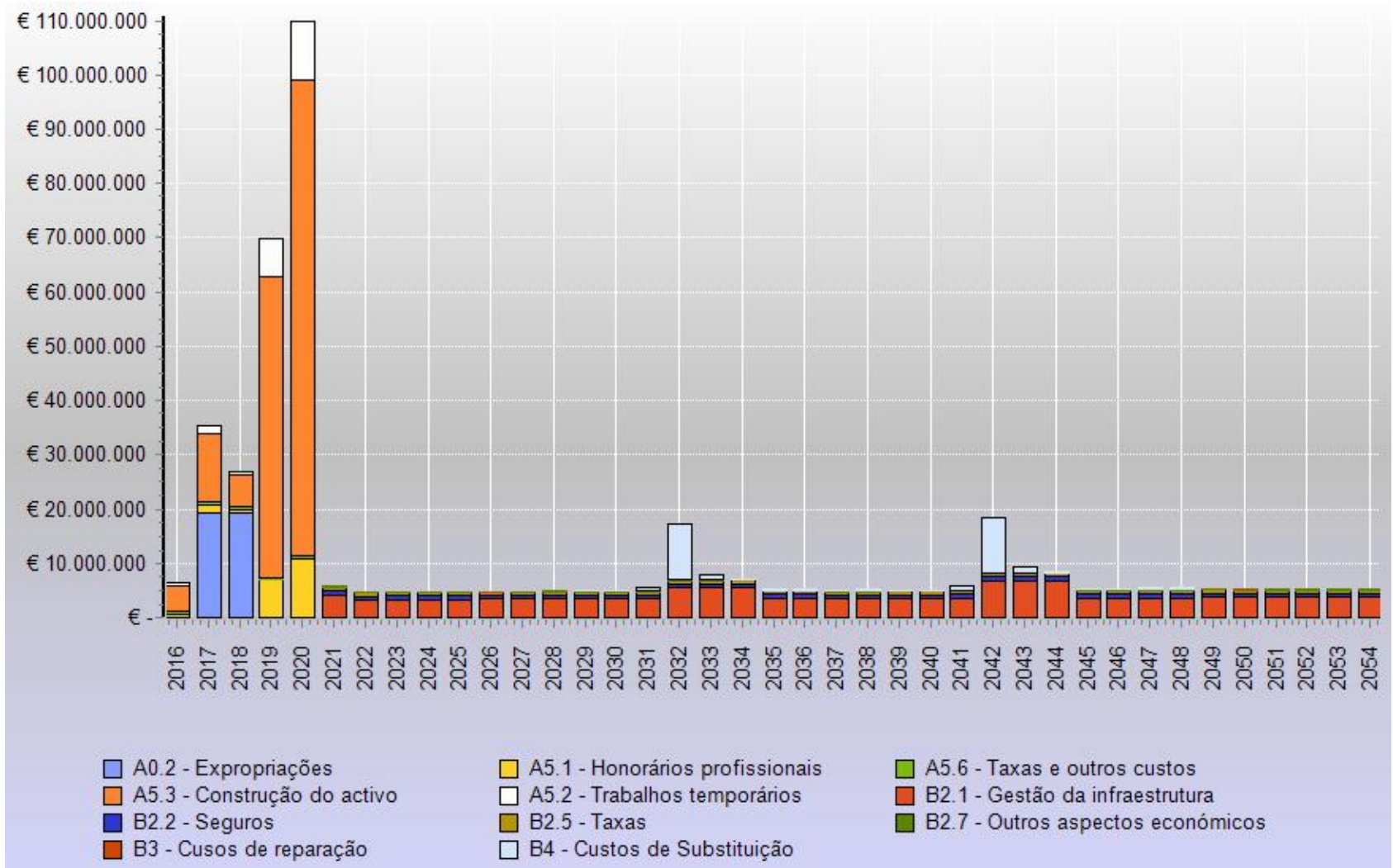


Gráfico 13 - Análise total do ciclo de vida anual por módulo da metodologia (barras)

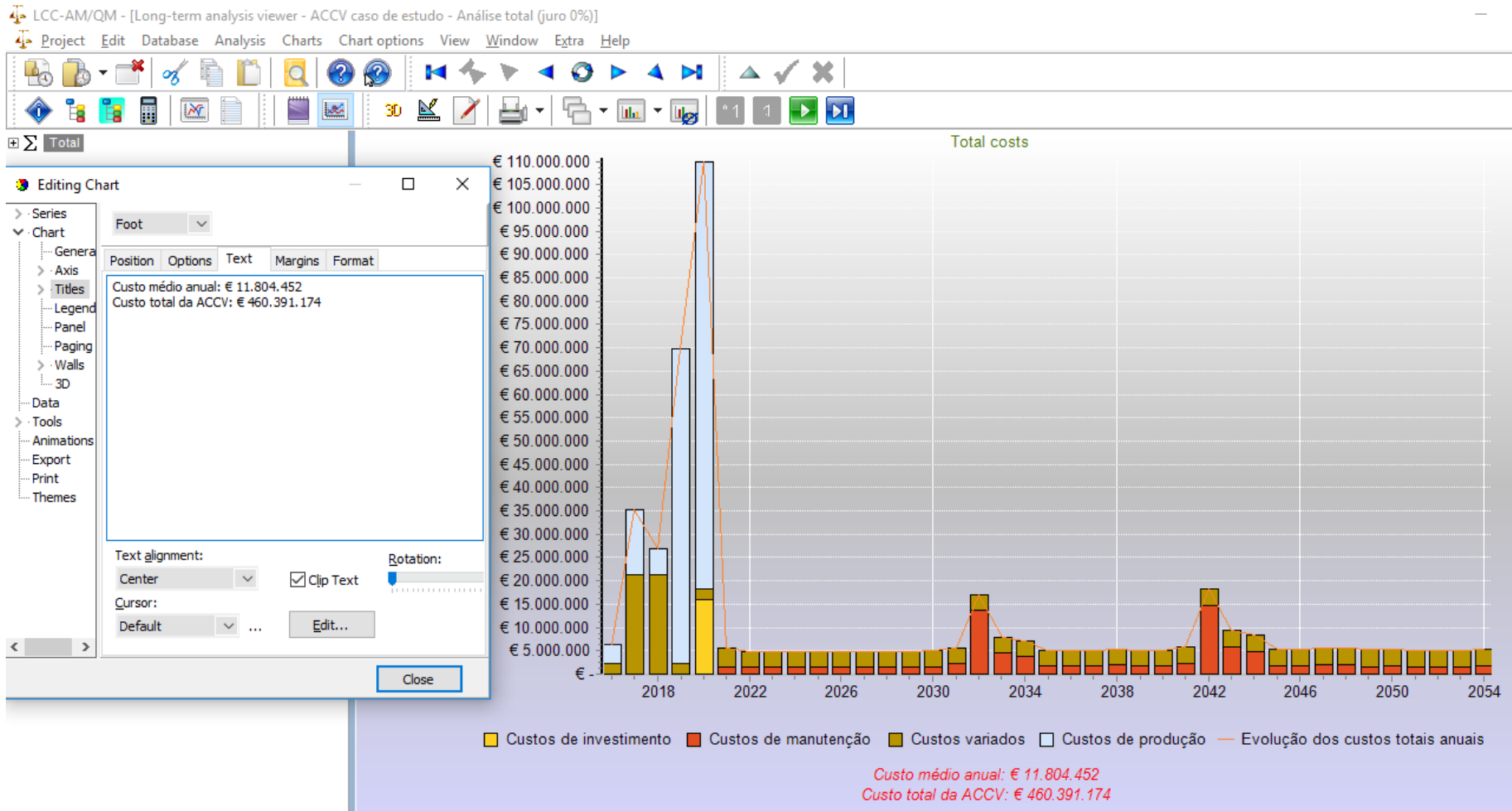


Gráfico 14 - Análise total do ciclo de vida por tipo de custo



Total

Editing Chart

Series

- Environment
- Prod. losses
- Operacionais
- Recursos
- Energy
- Risk
- Outros

Chart

- General
- Axis
- Titles
- Legend
- Panel
- Paging
- Walls
- 3D
- Data
- Tools
- Animations
- Export
- Print

<input type="checkbox"/>	Environment
<input type="checkbox"/>	Prod. losses
<input checked="" type="checkbox"/>	Operacionais
<input checked="" type="checkbox"/>	Recursos
<input type="checkbox"/>	Energy
<input type="checkbox"/>	Risk
<input checked="" type="checkbox"/>	Outros

↑ ↓

Add...

Delete

Title...

Clone

Change...

Close

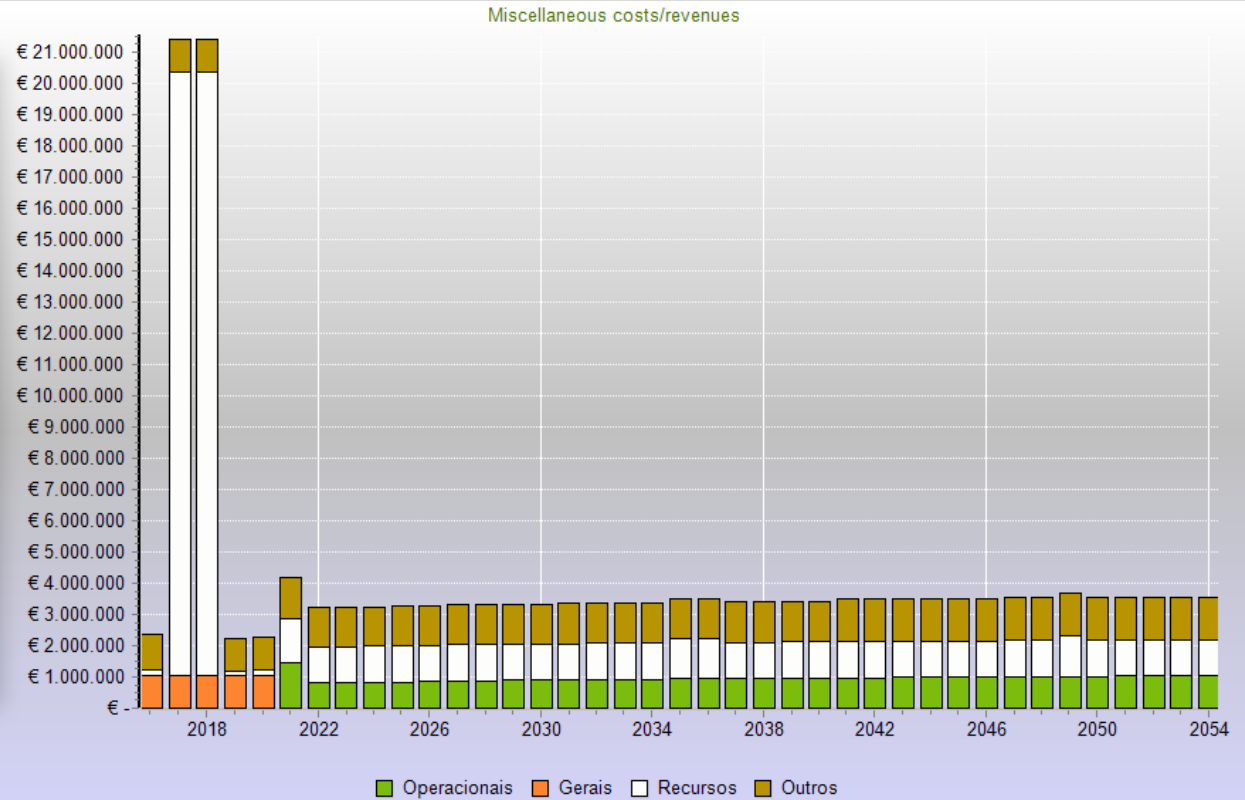


Gráfico 15 - Análise total do ciclo de vida – Classificação de custos variados

6.5. Simulações da ACCV

Simulação durante a fase de utilização

Após a interpretação e apresentação dos resultados descritos acima, torna-se então possível identificar aspectos que possam vir a ser otimizados e proceder à execução das respectivas simulações, com recurso ao *software* LCC AM/QM. Uma das alterações propostas para as simulações possíveis foi a redução dos picos de custos referentes à fase de utilização.

Apesar de se verificarem picos de custos durante a fase de construção, não se aconselham alterações de custos a este nível, devido à falta de informação referente ao plano de trabalhos desta fase. Poder-se-ia eventualmente, alterar o ano de investimento em sistemas, que coincide com o ano que representa mais encargos para a fase de construção (2020), contudo, apesar de não haver informações em concreto, presume-se que estes sistemas sejam necessários para o início da fase de utilização.

Desta forma, foram realizadas simulações durante a fase de utilização. Tal como já se referiu, durante esta fase verificam-se picos de custo no ano de 2032 e 2042 devido à MRP e especialmente à SIT. Assim, adoptou-se a mesma estratégia para ambas as actividades: antecipar o início da sua ocorrência durante os seus dois ciclos, e estender a sua operação para 4 anos em cada ciclo, em vez de 3, dividindo de forma equitativa os custos por cada um dos 4 anos.

Realizaram-se as devidas alterações à base de dados do *software* e de seguida procede-se à análise que se encontra representada no Gráfico 16. Analisando-se o gráfico, verifica-se uma drástica redução dos picos de custo, tornando esta análise muito mais apelativa em termos de capital disponível ao longo dos anos de utilização da autoestrada. Desta forma, ao se distribuírem algumas das actividades de manutenção da autoestrada ao longo de ciclos mais alargados, é possível atingirem-se situações mais favoráveis de repartição de custos anuais.

Nesta situação, o ano de utilização com encargos mais elevados ocorre no ano de 2043 onde se verifica um custo anual total de 10.390.924€ e o ano de 2042, que representava o ano de maior pico de custo da análise da fase de utilização, antes da simulação (18.331.880€), passou a ter um custo total anual de 10.377.147€. Desta forma, conseguiu reduzir-se o maior custo anual ao longo desta fase de análise, em aproximadamente 44%, um valor significativo, podendo afirmar-se que a simulação resulta em benefícios para a empresa concessionária.

Poderiam ser feitas outras distribuições de custos, alargando ainda mais os ciclos de ocorrência destas actividades, de maneira a tornar o gráfico o mais uniforme possível. Contudo, por não serem tidas informações detalhadas quanto a estes custos de manutenção, optou-se pela execução de uma análise mais cautelosa e próxima à inicialmente projectada.

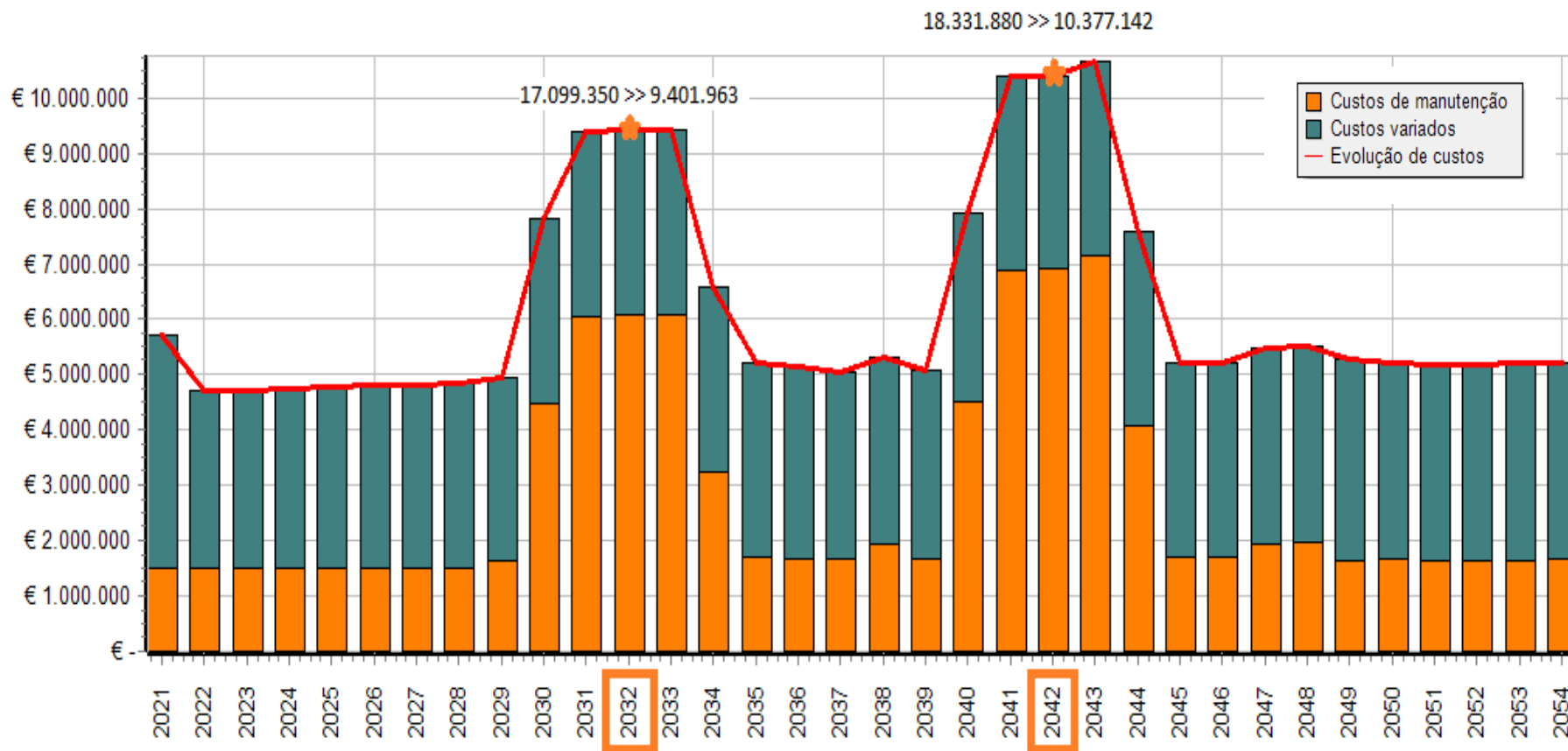


Gráfico 16 - Simulação durante a fase de utilização (LCC AM/QM)

Simulação durante todo o ciclo de vida

Todas as análises foram realizadas tomando uma taxa de juro de 0%, ou seja, admitindo que não é feito qualquer tipo de empréstimo, algo pouco comum tendo em conta a dimensão do projecto em causa e o seu respectivo valor final de custo de aproximadamente 460M€. Portanto, optou-se por tirar partido das funcionalidades do *software* que permitem fazer simulações alterando consecutivamente as taxas de juro. Foram comparadas análises com três taxas de juro diferentes: 0, 2 e 4%, sendo para tal necessário criar cada uma destas análises conforme apresentado na Figura 25.

Tratando-se da construção e exploração de uma grande infraestrutura, com um valor de empréstimo bastante elevado, assume-se a possibilidade da disponibilização destes empréstimos por parte de grandes bancos mundiais, mais concretamente bancos asiáticos, podendo estes atribuir taxas de juro muito baixas: 4%.

A Figura 26 e a Figura 27, mostram a localização da identificação da taxa de juro no LCC AM/QM, verificando-se as diferenças para cada análise (0 e 2% de taxa de juro). As restantes definições mantêm-se conforme as análises realizadas para todo ciclo de vida da autoestrada.

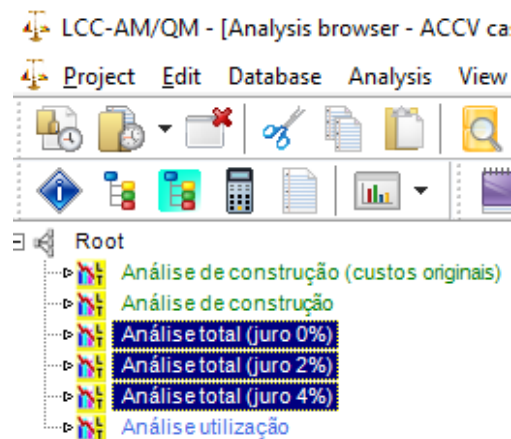


Figura 25 - Análises do ciclo de vida com variação da taxa de juro

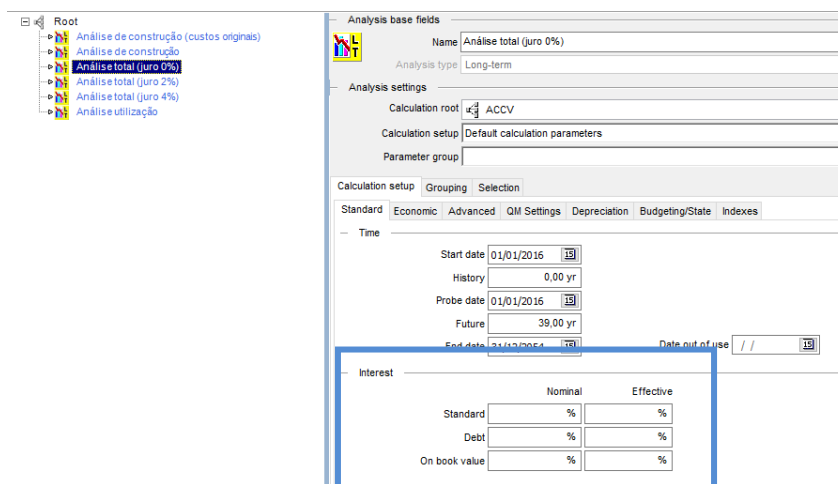


Figura 26 - Análise do ciclo de vida com taxa de juro de 0%

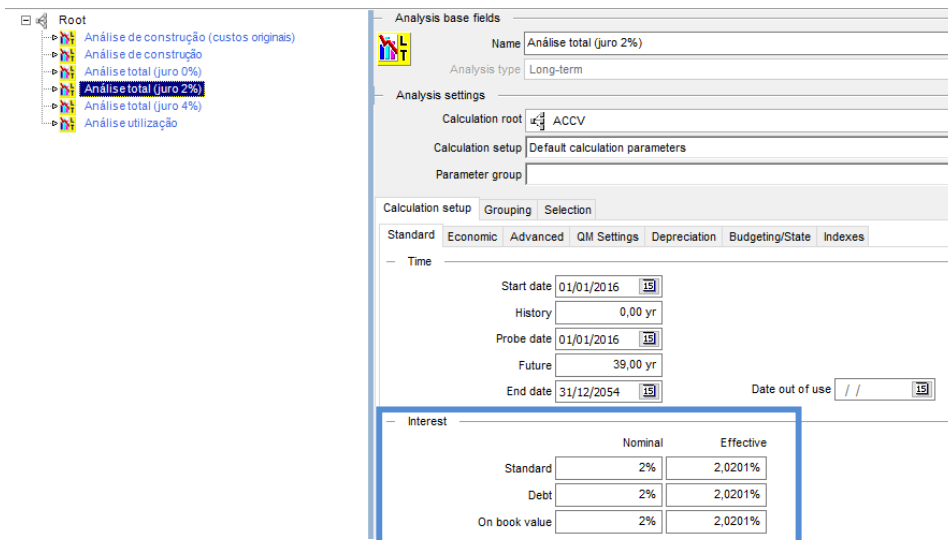


Figura 27 - Análise do ciclo de vida com taxa de juro de 2%

Depois de corridas as três análises separadamente, são obtidos os resultados do custo final global de todo o CV para cada taxa de juro, sendo posteriormente criado o Gráfico 17. Este gráfico foi realizado em Excel devido à impossibilidade do *software* de agrupar várias análises ao mesmo tempo, porém os dados utilizados para a execução do gráfico em Excel são provenientes do *software*.

Verifica-se um aumento de 17% dos encargos globais da autoestrada, com o aumento da taxa de juro de 0 para 2%, valores significativos quando se realizam análises de projectos desta dimensão. Já quando se procede a um aumento da taxa de juro de 0 para 4%, os encargos globais aumentam 35%, valores francamente elevados e que devem ser tidos em conta.

Estes valores demonstram a enorme importância que uma simulação deste género pode ter para o apoio da tomada de decisões estratégicas numa fase inicial de projecto.

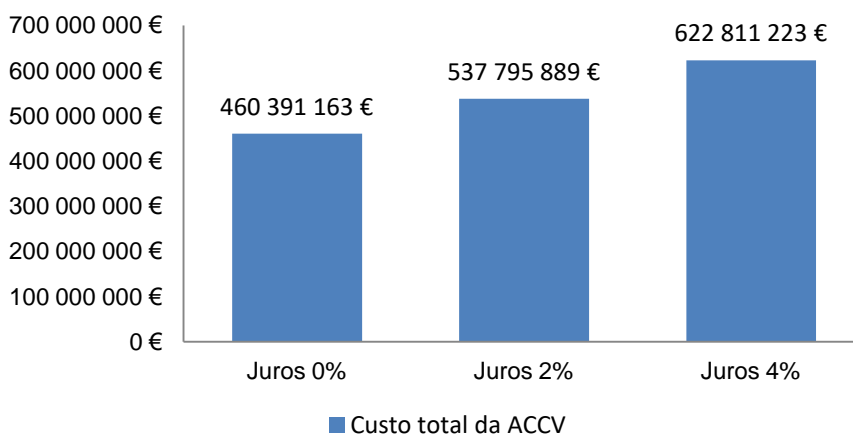


Gráfico 17 - Comparação das análises de ciclo de vida com variação da taxa de juro vida com variação da taxa de juro

6.6. Discussão de resultados

A execução da metodologia através da definição de passos traduziu-se numa enorme facilidade para definir o projecto em causa, identificando de forma clara os objectivos, pressupostos e dados da análise. Houve contudo, algumas dificuldades na aplicação da metodologia. A primeira prende-se com inexistência de um módulo de custos referente a seguros, durante a fase construção, tendo este valor de custos sido associado ao módulo A5.6, referentes a taxas e permissões relacionadas com a construção do activo. A outra está relacionada com o formato dos dados disponibilizados pela empresa concessionária da autoestrada. Muitas vezes, pelos dados se encontrarem previamente agrupados ou pouco detalhados tornou complicada a associação a determinados módulos da metodologia. Contudo, tomando como exemplo alguns projectos anteriores de autoestradas e após certa deliberação, assumiram-se estimativas de distribuição destes custos pelos módulos em causa.

Deve mais uma vez chamar-se à atenção para o facto de ter sido utilizada a totalidade da base de dados disponibilizados pela empresa, representando 47,8% da totalidade dos módulos propostos pela metodologia ao longo da fase de construção e utilização da infraestrutura. Ou seja, foram considerados 11 dos 23 módulos incluídos na fase descrita, à exceção do módulo A0.2 que foi incluído na fase de construção e não na fase de pré-construção como a metodologia propõe.

Contudo, existem determinados custos não disponibilizados que teriam grande importância para a análise realizada, mais concretamente dados energéticos, dados referentes ao consumo de água e dados relativos à fase de fim de ciclo de vida. Os dados energéticos e referentes ao consumo de água são definidos pelos módulos B5 e B6, respectivamente. Existe a possibilidade destes dados estarem incluídos nos gastos gerais decorrentes na fase de utilização da autoestrada, contudo por não haver suficiente detalhe ao nível desta informação, optou-se por não se assumir este pressuposto. Apesar da não inclusão destes custos, é sabido que certamente são custos existentes ao longo do ciclo de vida desta autoestrada. O consumo energético tem vindo a aumentar drasticamente ao longo dos anos e, por isso mesmo, são desenvolvidas cada vez mais medidas com o objectivo de reduzir os impactos deste aumento. Este aumento tem consequências tanto a nível ambiental como a nível económico, sendo o sector da construção, um dos sectores que mais contribui para o consumo energético mundial. As análises dos custos de final de ciclo de vida ainda estão em desenvolvimento, havendo um longo caminho a ser percorrido no que toca à sua inclusão deste parâmetro durante a fase de projecto de obras de engenharia.

A análise foi feita essencialmente com recurso a tabelas e gráficos por forma a facilitar uma melhor e mais rápida compreensão dos resultados obtidos. Quanto a este tópico, verificou-se que o LCC AM/QM apresenta uma grande facilidade para a execução das análises. Contudo, exige um cuidado especial e moroso na fase inicial do processo. Ou seja, aquando da introdução da base de dados no *software*, têm de ser informatizadas todas as características de cada objecto necessárias para a execução das análises. A execução desta fase em conformidade possibilita uma fase de execução das análises mais rápida e eficiente, fazendo apenas correr os dados introduzidos e seleccionados, para cada análise desejada.

Existem ainda determinadas funcionalidades do *software* que não conseguiram ser exploradas devido à limitação de dados disponibilizados pela empresa, mais concretamente a falta de dados referentes a receitas. Existem opções de financiamento e balanços financeiros que não são possíveis de executar sem dados referentes a receitas do activo. Contudo, chama-se à atenção que é uma ferramenta disponibilizada pelo *software* de extrema utilidade.

Verificou-se também a existência da funcionalidade de orçamentação que, para já, apenas está disponível para a categoria de custos de investimentos, não estando ainda disponibilizada para as restantes actividades. Esta funcionalidade seria de extrema utilidade para análises de operações de manutenção, por forma a reduzir os picos de custos verificados no presente caso de estudo. Seja como for, foram realizadas manualmente simulações por forma a reduzir estes picos, tendo sido feita uma distribuição de custos considerada possível e adequada. Esta simulações reduziu o pico de custo mais elevado em 44%, valores significativos e extremamente importantes na medida em que uniformiza o capital necessário por parte da empresa ao longo dos anos de utilização da autoestrada.

Note-se que, após conversações com a empresa S&G Asset Management, foram obtidas informações que afirmam o desenvolvimento de actividades de orçamentação associadas a operações dinâmicas de manutenção, que estão previstas para o ano de 2017. Ainda no decorrer do presente ano, a empresa pretende melhorar algumas funcionalidades do *software*, bem como incluir opções actualmente não existentes, que sejam consideradas úteis para o utilizador.

Foram encontradas algumas dificuldades na utilização deste *software* comercial. O manual do LCC AM/QM foi uma grande ferramenta de apoio ao longo de toda esta dissertação, porém este manual, apesar de escrito em inglês, apresentava várias imagens retiradas do *software* em holandês, a sua língua de origem, traduzindo-se este facto muitas vezes, em obstáculos ao longo da utilização do mesmo.

Ao longo da utilização do *software* foram encontradas também algumas limitações. O *software* não guarda as análises realizadas, guarda apenas as suas configurações. Portanto sempre que se realiza uma análise é necessário editar o gráfico resultante para o formato pretendido e exportá-lo como imagem. A edição dos gráficos foi constantemente utilizada para permitir a tradução dos gráficos para português, fazendo com que se perdesse bastante tempo ao editar cada gráfico manualmente. Por outro lado, sempre que fosse necessária a execução de alguma alteração era necessário seleccionar os dados pretendidos novamente, executar a análise e editar o respectivo gráfico, traduzindo-se mais uma vez, numa grande parcela de tempo despendida.

De uma forma geral, admite-se que o *software* LCC AM/QM foi desenvolvido sobretudo para aplicação ao sector da produção industrial. Este sector dá grande importância à análise do ciclo de vida para a realização das suas avaliações, sendo possivelmente o sector que mais utiliza este tipo de análises actualmente. Por este mesmo motivo, faz sentido que o desenvolvimento deste *software* comercial tenha sido inicialmente desenvolvido para este sector, contudo, tal como se verifica, é possível aplicá-lo também ao sector da construção.

Deve referir-se ainda, que apesar das suas limitações, após a profunda compreensão das funcionalidades deste *software*, conclui-se que esta é uma ferramenta extremamente útil para este tipo de análises. Contudo, o facto dos algoritmos e pressupostos de cálculo não serem disponibilizados, obriga a um esforço adicional na parte do utilizador no que respeita à validação das análises realizadas.

Quanto aos resultados obtidos para o caso de estudo, a principal conclusão, a nível global, que se pode absorver, é a da grande importância que a fase de utilização representa sobre a totalidade do ciclo de vida de autoestradas. Os custos contraídos ao longo desta fase representam 46% da totalidade dos custos, demonstrando a importância que a execução de análises do ciclo de vida representa na tomada de decisões iniciais de projecto, que podem comprometer economicamente actividades futuras. Daí este tipo de análises estar a crescer exponencialmente, ainda não tendo sido explorado todo o seu potencial.

Comparando ainda de forma global a fase de construção e utilização, verifica-se uma grande diferença do custo médio anual de cada uma destas fases. Como seria de esperar, a fase de construção, apresenta um valor de custo médio anual aproximadamente 8 vezes superior ao custo médio anual da fase de utilização. Este facto deve-se essencialmente à grande diferença entre períodos de análise de cada uma destas fases. A fase de construção, apesar de apresentar um valor de custo total próximo ao da fase de utilização, é executada em apenas 5 anos comparativamente aos 34 da fase de utilização. Este agrupamento de custos mais concentrado faz com que obviamente o custo médio anual da fase de construção seja francamente superior.

Quanto às análises executadas durante a fase de construção, relembra-se mais uma vez a estimativa de repartição percentual realizada para o agrupamento dos módulos A5.1, A5.2 e A5.3. O módulo A5.3 correspondente à construção do activo, é como seria de esperar, o módulo com maior impacto nesta fase, representando 67% da totalidade dos custos de construção, tendo maior aplicação ao longo do último ano de construção devido ao grande salto realizado neste ano em termos de evolução da construção. Deve fazer-se referência ao impacto que os encargos relacionados com actividades de expropriação ao longo desta análise têm sobre esta fase.

As análises realizadas ao longo da fase de utilização do activo resultam numa clara relevância dos custos relacionados com a gestão da infraestrutura (B2.1), representando 64% dos custos totais desta fase. Nesta fase, foram analisadas de uma forma mais detalhada, as análises de operações de manutenção. Tirando partido das funcionalidades do *software*, a execução destas análises permitiu uma percepção do desenvolvimento anual das operações de manutenção, ao longo da fase de utilização da autoestrada, através da identificação das suas periodicidades e picos de custos. Identificaram dois picos de custos provenientes de valores elevados associados à substituição de sistemas de IT e ainda à manutenção regular de pavimentos. Verificou-se ainda através destas análises, o carácter periódico anual fixo de actividades de inspeção e manutenção ordinária.

Depois de executadas as análises, foram analisados os resultados obtidos a partir dos mesmos e identificados os aspectos com potencial de optimização. Desta forma foram realizadas simulações,

através do *software*, alterando vários cenários das análises. A simulação de redução de picos de custos de manutenção já foi descrita neste ponto. Foram ainda realizadas outras simulações, ao nível da alteração de cenários de taxas de juro. Esta análise permitiu demonstrar o enorme impacto que as taxas de juro podem ter sobre o valor total da obra de engenharia em causa, tendo atingido um aumento de 35% para uma taxa de juro a 4%. Contudo, quando se define o valor da taxa de juro a ser utilizada para a análise, não são pedidos dados referentes, por exemplo, ao prazo ou às parcelas do empréstimo. Apesar do *software* fazer referência a taxas de juro, a ideia com que se fica após a execução destas análises é que este valor é correspondente ao valor da inflação e não da taxa de juro. Desta forma, a simulação realizada seria na verdade uma simulação referente à execução de uma actualização de custos anuais tendo em conta a inflação introduzida no LCC AM/QM. Mais uma vez, este problema surge pelo facto dos algoritmos e pressupostos de cálculo do *software* não serem disponibilizados, alertando para a necessidade de validação dos resultados obtidos a partir das análises realizadas.

7. Conclusões e desenvolvimentos futuros

7.1. Conclusões

Deve primeiramente referir-se a elevada importância que a ACCV tem enquanto mecanismo de capacitação de decisões. Esta análise revela-se numa relevante ferramenta na gestão de activos com diversas aplicações, abrangendo áreas distintas como a produção industrial e o sector da construção.

Após o estudo e a percepção aprofundada deste tipo de análises, verifica-se que se encontram em constante desenvolvimento e que apresenta enormes potencialidades futuras no que toca à optimização de custos, à definição de tempos ideais de ocorrência e à inclusão de análises de sustentabilidade.

Esta análise é dividida em várias fases do ciclo de vida, sendo as fases que antecedem a fase de construção as ideais para a tomada de decisões, pois as decisões tomadas a um nível antecipado do ciclo de vida podem resultar em reduções de custos futuros substanciais em termos globais.

A abordagem da metodologia proposta pelas normas ISO 15685-5 e EN 16627 e ainda pela metodologia de Langdon, permitem estimar um valor total para o custo de ciclo de vida, bem como para as diferentes fases do ciclo de vida e para os seus respectivos módulos separadamente. Contudo, pode afirmar-se que não foi obtido um valor de custo final para a ACCV realizada, por não terem sido analisadas todas as fases do ciclo de vida da estrada, nem tida em conta a totalidade dos custos associados a esta obra. Porém, dentro dos limites em termos de custos disponibilizados, conseguiram retirar-se conclusões essenciais para a análise.

Por aplicação ao caso de estudo, pode concluir-se que a metodologia desenvolvida tendo por base as normas referidas é, em termos globais, aplicável, mesmo não tendo sido aplicada à totalidade do ciclo de vida da autoestrada. Contudo, verifica-se que caso tivesse sido disponibilizada uma maior abrangência da base de dados ao nível do ciclo de vida referente à estrada, esta teria condições para ser igualmente aplicada à metodologia.

Ainda sob o ponto de vista da extensão da aplicação da metodologia, verificou-se a aplicação de 11 dos 23 módulos incluídos nas fases em estudo, a fase de construção e utilização, resultando em 47,8% de aplicabilidade. Por não se ter conhecimento dos restantes módulos, não foi possível medir o seu impacto no ciclo de vida da autoestrada em estudo. Contudo, seria de extrema importância a contabilização de custos associados ao sector energético, por em geral representar uma parcela significativa dos encargos globais de obras de engenharia. Outros custos que podem representar uma parcela significativa para os custos totais destas obras são os encargos provenientes de actividades de demolição ou reabilitação e ainda de tratamento de resíduos ao longo da fase de fim de ciclo de vida.

Deve dizer-se que os resultados obtidos através das análises executadas pelo *software*, em forma de diferentes tipos de gráficos resultam numa aplicabilidade extremamente prática para este tipo de

análises. Apesar deste *software* comercial parecer ser especialmente desenvolvido para o sector da produção industrial, resultou numa eficaz aplicabilidade em infraestruturas rodoviárias, podendo ainda ser desenvolvidas algumas melhorias. Uma grande vantagem disponibilizada por este *software* é a da realização de uma análise das actividades de manutenção competente e completa.

O passo principal e mais importante da utilização deste *software* é sem dúvida a introdução e organização da base de dados no mesmo. Esta etapa é a que exige mais tempo e atenção durante a utilização do LCC AM/QM, pois a execução das análises é realizada de forma rápida e fácil. É necessária então a informatização da base de dados no *software*, para que os dados sejam organizados através de uma estrutura hierárquica e que cada um deles esteja claramente definido conforme o tipo, classificação, categoria, valor, período temporal e parâmetros de custos.

Deve dizer-se ainda, que a escolha deste *software* resultou num grande desafio e inovação devido à sua pouca utilização e informação em Portugal, resultando num grande trabalho autónomo ao nível da aprendizagem das funcionalidades deste *software*, tendo havido um forte apoio sobre o manual do LCC AM/QM.

Quanto aos resultados obtidos através das análises executadas, verifica-se um valor total de custos contraídos ao longo da fase de utilização da autoestrada extremamente próximo do custo total da fase de construção. Esta proximidade de custos remete mais uma vez para importância e impacto que a execução de ACCV têm sobre os encargos totais das obras de engenharia, em especial ao sector rodoviário. Os valores elevados dos custos provenientes da fase de utilização da estrada devem-se essencialmente a actividades de gestão e manutenção da autoestrada. Para além de encargos fixos anuais com a gestão regular da autoestrada, existem actividades de manutenção e substituição de elementos com carácter periódico desfasado que incrementam em grande parte o valor final do custo de ciclo de vida da obra.

De uma forma geral, a metodologia permite um planeamento adequado das decisões estratégicas tomadas relativamente aos activos, permitindo ainda uma previsão de custos futuros para activos a construir. Quanto mais cedo for aplicada esta metodologia, melhor é o resultado da sua aplicação, podendo resultar em impactos significativos nos encargos totais do activo. Da mesma forma, quanto mais abrangente for a análise, na medida em que cobre o maior número possível de custos e receitas ao longo de todas as fases do ciclo de vida do activo, melhores e mais realistas são os resultados provenientes desta análise.

A título conclusivo, e depois de já referida a eficácia da metodologia, deve valorizar-se as vantagens e melhorias traduzidas pela utilização do *software* LCC AM/QM como ferramenta de gestão de activos para análises do custo do ciclo de vida. Esta ferramenta, trouxe grandes contributos e benefícios para a análise, permitindo de uma forma rápida a execução de uma grande variedade de análises. Por forma a tornar a utilização deste *software* mais completa, faltavam apenas dados referentes a receitas de activos, por forma a permitir a realização de determinadas análises financeiras. Apesar de conter algumas limitações, o LCC AM/QM está em constantes

desenvolvimentos e melhorias, tendo ainda um grande potencial para a aplicação de ACCV ao sector da construção.

Todavia, tal como acontece na maioria dos *softwares* comerciais, os algoritmos dos cálculos não foram disponibilizados, pelo que se considera necessário validar os resultados obtidos

7.2. Desenvolvimentos futuros

Falando mais uma vez da limitação de dados envolvido na análise, seria de grande interesse, o complemento da análise realizada através da utilização de valores de receitas envolvidos ao longo do ciclo de vida do activo. Relativamente à aplicabilidade do *software* LCC AM/QM, o envolvimento destas receitas permitiria a execução de um planeamento financeiro rigoroso, através de opções de financiamento e a realização de balanços financeiros, entre outro tipo de análises não exploradas devido a esta limitação.

Tal como já referido, prevê-se para 2017, uma actualização do *software* LCC AM/QM quanto à funcionalidade de orçamentação. Esta funcionalidade será de enorme relevância para aplicação a actividades de manutenção. Segundo explicado pelo fornecedor do *software*, esta análise permitirá definir uma hierarquia de prioridades com o objectivo de definir as actividades de manutenção com maior ou menor importância. De seguida, após estabelecer um limite orçamental, o *software* fará uma distribuição de custos dinâmica das actividades de manutenção, conforme as prioridades definidas,

Ainda referente aos dados utilizados como base para a análise, esta análise ficaria ainda mais completa caso fossem utilizados dados referentes a todas as fases do ciclo de vida do activo, abrangendo o maior número possível de módulos da metodologia. A análise de fim de ciclo de vida, parece não ser suficientemente explorada e utilizada durante a tomada de decisões estratégicas, numa fase mais precoce da execução de obras de engenharia. Esta preocupação acaba por surgir a um nível mais tardio do ciclo de vida do activo, resultando em perdas de oportunidade de optimização de custos referentes a esta fase de vida. Para além disso, os custos decorrentes ao longo desta fase, como por exemplo eventuais acções de demolição ou reabilitação e até mesmo tratamento de resíduos, pode implicar encargos extremamente elevados não contabilizados. Desta forma, o enfoque sobre a fase final do ciclo de vida de activos é sugerido para estudos futuros.

Mais uma vez, relembra-se para a preocupação a nível mundial no que respeita à redução do consumo energético e de emissões de CO₂. Esta é uma preocupação que tem ganho grande força ao longo dos últimos anos, fazendo por isso todo o sentido, a inclusão de uma análise de impacto ambiental incluída na ACCV. Para tal, é necessária informação referente ao módulo B6 de custos operacionais de energia, podendo este mesmo ser ainda complementado com o módulo B7 referente ao consumo de água, uma preocupação também esta, tida cada vez mais em consideração nos dias que correm.

Este tipo de análise deverá ser complementado no futuro com a inclusão de análises de risco e sensibilidade aumentando desta forma o nível de fiabilidade e confiança nas estimativas tomadas.

Porém, deve notar-se que devido ao elevado número de estimativas futuras de previsão de custos tomadas ao longo desta dissertação, pode dizer-se que existe de facto um nível de incerteza associado.

Futuramente, pretende-se comparar os resultados obtidos das análises efectuadas, com os valores reais ocorridos no final do ciclo de vida da autoestrada, por forma a serem comparados com as estimativas adoptadas.

O trabalho desenvolvido centrou-se em infraestruturas rodoviárias, mas poderá no futuro ser reproduzido para outros tipos de infraestruturas e também para edifícios.

8. Referências bibliográficas

ARA, Applied Research Associates, (2011). APTP, Life cycle cost analysis for airport pavements – Final report. Champaign, IL, US.

Babashamsi, P., Yosoff, N., Ceylan, H., Nor, N. and Jenatabadi, H., (2016). Evaluation of pavement life cycle cost analysis: Review and analysis. International Journal of Pavement Research and Technology

Butt, A., Toller, S. and Birgisson, B. (2015). Life cycle assessment for the green procurement of roads: a way forward. Journal of Cleaner Production

Copperleaf C55, (2000), Cooperleaf's decision analytics software solution - <http://www.copperleaf.com/>

CSS, (2010). CoSMo Simulation Suite, CoSMo's software platform - <https://www.thecosmocompany.com/technology/>

EN 15643-4:2012. Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 4: Framework for the assessment of economic performance. European Committee for Standardization, Brussels, BE..

EN 16627:2015. Sustainability of construction works - Assessment of economic performance of buildings - Calculation methods. European Committee for Standardization, Brussels, BE.

Fabrycky, W.J. and Blanchard, B.S., (1991). Life cycle cost and economic analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, US.

Flores, R., Montoliu, C. M., and Bustamante, E., (2016). Life cycle engineering for roads (LCE4ROADS), the new sustainability certification system for roads from the LCE4ROADS FP7 project. Transportation Research Procedia

IAM, Institute of Asset Management, (2015). Asset Management - an anatomy. Vol. 3, Bristol, UK.

ISO 15686-5:2008. Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing. International Organization for Standardization, Geneva, CH.

ISO 55000:2014 - Asset management - Overview, principles and terminology. International Organization for Standardization, Geneva, CH.

ISO 55001:2014 - Asset Management - Management systems: Requirements. International Organization for Standardization, Geneva, CH.

ISO 55002:2014 - Asset management - Management systems - Guidelines for the application of ISO 55001. International Organization for Standardization, Geneva, CH.

Karim, H., (2011). Road design for future maintenance-life cycle cost analysis for road barriers (PhD thesis), Department of Civil and Architectural Engineering, Division of Highway and Railway Engineering, Royal Institute of Technology (KTH). Stockholm, SE.

Korpi, E. and Ala-Risku, T., (2008). Life cycle costing: a review of published case studies. Helsinki University of Technology, Department of Industrial Engineering and Management. Helsinki, FI.

Langdon, D. (2007). Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology Literature Review. Davis Langdon Management Consulting

Langdon, D. (2007a). Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to a sustainable construction: a common methodology- Final Methodology. Davis Langdon Management Consulting

Langdon, D. (2007b). Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction Guidance on the use of LCC Methodology and its application in public procurement– Final guidance. Davis Langdon Management Consulting

LCC AM/QM, (2016). Life cycle costing asset management/quantitative methods. S&G Asset Management's software - <http://www.sg-assetmanagement.nl/eng/products-2/lcc-amqm/>

LSC Group, (1988). Modelling Simulation – Supporting the business decision making process. Lichfield, UK

Manzo, S. and Salling, K. (2016). Integrating life-cycle assessment into transport cost-benefit analysis. Transportation Research Procedia

MONA, (2010). Management and Optimization of Network Assets, CoSMo's software - <http://www.thecosmocompany.com/mona-overview/>

Rocha, J., (2015). Análise de custos do ciclo de vida de pontes ferroviárias - Contributo para a melhoria do plano de gestão de ativos da REFER (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior Técnico, Lisboa, PT

Rodrigues, J., (2015). O Custo de ciclo de vida de edifícios como suporte à gestão de ativos físicos construídos - Metodologia aplicada a edifícios não residenciais (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior Técnico, Lisboa, PT

S&G Asset Management, (2016). LCC AM/QM – Life cycle costing asset management/quantitative methods – Manual

Stanford University, Land and Buildings (2005). Guidelines for life cycle cost analysis. California, US.

White, G.E., and Ostwald, P.F., (1976). The life cycle cost of an item is the sum of all funds expended in support of the item from its conception and fabrication through its operation to the end of its useful life. Management Accounting.

Woodward, D. (1997). Life cycle costing – Theory, information acquisition and application.
Staffordshire University Business School, Staffordshire, UK