



**CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS NA AVALIAÇÃO DE  
PROJECTOS DE INVESTIMENTO**

**RUI MANUEL VENTURA DE OLIVEIRA**

**DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE EM FINANÇAS  
EMPRESARIAIS**

Mestrado em Finanças Empresariais

**Trabalho efetuado sob orientação de:**

**Professora Doutora Cristina Maria Pereira Viegas de Oliveira**

# **CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS NA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTO**

Declaração de autoria de trabalho

“Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída”

Copyright © por Rui Manuel Ventura de Oliveira, UAlg /FE 2013

“Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor”.

À minha esposa,  
Céu

## Índice Geral

<b>Índice Geral</b> .....	<b>iv</b>
<b>Lista de Abreviaturas</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>viii</b>
<b>Índice de Anexos</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>x</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>xi</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>xii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1. Contextualização Geral da Dissertação .....	1
1.2. Motivação.....	3
1.3. Objectivos .....	4
1.4. Limitações do Estudo .....	4
1.5. Apresentação da Dissertação.....	5
<b>2 - O Setor dos Transportes Aéreos</b> .....	<b>6</b>
2.1. Introdução .....	6
2.2. A Importância do Setor dos Transportes.....	6
2.3. Caracterização do Setor Aeroportuário em Portugal.....	8
2.4. Setor Aeroportuário vs Setor Aeronáutico .....	10
2.5. Caracterização do Projeto do Novo Aeroporto .....	12
<b>Capítulo 3 – Revisão de Literatura</b> .....	<b>15</b>
3.1. Introdução .....	15
3.2. Análise Tradicional de Avaliação de Projetos .....	15
3.3 Análise de Opções Reais .....	18
3.3.1 Caracterização Sumária.....	18
3.3.2. Analogia entre Opções Financeiras e Opções Reais .....	19
3.3.3 Análise Tradicional <i>versus</i> Opções Reais .....	21
3.4. Tipos de Opções Reais .....	23
3.4.1 Opção de Expansão ou Crescimento .....	24
3.4.2 Opção de Diferimento .....	24
3.4.3. Opção de Interrupção numa Fase Intermédia.....	25
3.4.4. Opção de Contração .....	26

3.4.5. Opção de Interrupção da Produção .....	26
3.4.6. Opção de Abandono .....	27
3.5. As Opções Reais em Projetos de Investimento .....	27
3.6. As Opções Reais no Setor dos Transportes .....	29
3.7. O Momento Ótimo do Investimento e o Valor da Opção de Diferimento .....	30
3.8. Principais Limitações da AOR .....	32
<b>Capítulo 4 – Metodologia.....</b>	<b>34</b>
4.1 Introdução .....	34
4.2 Modelo Geral de Avaliação de uma Opção de Diferimento .....	35
4.3 Variantes do Modelo Geral .....	38
4.3.1 Modelo A: Um Fator Estocástico.....	38
4.3.2 Modelo B: Um Fator Estocástico e um Fator Determinístico .....	40
4.3.3 Modelo C: Dois Fatores Estocásticos.....	41
<b>Capítulo 5 – Exemplo Numérico .....</b>	<b>44</b>
5.1 Introdução .....	44
5.2 Caracterização e Valores dos Parâmetros .....	44
5.3 Avaliação do Investimento no NAL.....	49
<b>Capítulo 6 - Conclusões.....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>59</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>64</b>

## Lista de Abreviaturas

AECMA	Associação Europeia de Industrias Aeroespaciais
ANA	Aeroportos e Navegação Aérea de Portugal
ANAM	Aeroportos e Navegação Aérea da Madeira
AOR	Análise de Opções Reais
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CTA	Campo de Tiro de Alcochete
FCA	Fluxos de Caixa Actualizados
I&D	Investigação e Desenvolvimento
IMTT	Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres
INAC	Instituto Nacional de Aviação Civil
InIR	Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias
IPTM	Instituto Português e dos Transportes Marítimos
ISEG	Instituto Superior de Economia e Gestão
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MOPTC	Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações
NAL	Novo Aeroporto de Lisboa
OGMA	Indústria Aeronáutica de Portugal, SA
TAP	Transportes Aéreos Portugueses
TGV	Comboio de Alta Velocidade
TIR	Taxa Interna de Rendibilidade

TTT	Terceira Travessia sobre o Tejo
VAL	Valor Actualizado Líquido
YTM	Yield - to - Maturity

## Índice de Figuras

**Figura 2.1.** Divisão do volume de negócios pelo setor civil e militar (2011)

**Figura 2.2.** Implantação da infraestrutura aeroportuária na zona do CTA

## Índice de Anexos

- Anexo 1** Artigos mais citados na década de 80 sobre opções reais
- Anexo 2** Artigos mais citados na década de 90 sobre opções reais

## Índice de Tabelas

- Tabela 5.1.** Valores dos parâmetros para a construção de um aeroporto com concessão de 40 anos
- Tabela 5.2.** Resultados da avaliação do projeto de construção do novo aeroporto com concessão a 40 anos
- Tabela 5.3.** Resultados da avaliação do projeto de construção do novo aeroporto com concessão a 50 anos
- Tabela 5.4.** Relação entre variações nas variáveis e *outputs*

## **Agradecimentos**

A presente dissertação representa o fim de uma importante etapa da minha vida, a sua elaboração demonstrou ser uma experiência enriquecedora e plena de satisfação pessoal. O caminho percorrido, que nem sempre foi fácil, foi sempre acompanhado pelo apoio de algumas pessoas, às quais não poderia deixar de expressar a minha profunda gratidão, pois sem elas esta dissertação não se teria realizado.

Gostaria de expressar o meu profundo agradecimento à minha orientadora Professora Doutora Cristina Maria Pereira Viegas de Oliveira, pela disponibilidade, dedicação e excelente orientação essenciais para a realização desta dissertação bem como pela atenção, paciência e amizade que demonstrou ao longo de todo o processo de elaboração da presente dissertação. Os seus profundos conhecimentos da matéria em causa deram origem a sábias sugestões e comentários que ajudaram a enriquecer em muito o resultado final deste trabalho.

Um muito obrigado à minha família, que sempre foi uma enorme fonte de incentivo. Aos meus País, um obrigado por tudo o que fizeram por mim. Aos meus grandes amigos Manuel e Ester, bem como à sua filha Joana, pelo apoio e estímulo que me deram ao longo deste percurso.

Finalmente, um agradecimento muito especial à minha esposa, Céu, não só pela compreensão, estímulo e confiança que sempre me transmitiu, mas especialmente por entender o tempo que lhe “roubei” as minhas alienações da realidade e pelos momentos pessoais que adiei.

Por fim, sem citar mais nomes mas nem por isso com menor consideração, queria agradecer a todos os que colaboraram comigo, contribuindo de forma decisiva para a realização e conclusão da presente dissertação.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

## Resumo

Os modelos de avaliação baseados na análise tradicional foram considerados, durante anos, como os métodos de excelência, para avaliar projetos de investimento. No entanto, devido à importância estratégica de alguns setores, onde se inclui o setor dos transportes, a análise tradicional foi sendo posta em causa, dando espaço para que novas abordagens relacionadas com a tomada de decisões em contexto de incerteza emergissem, como é o caso da metodologia das opções reais.

Neste contexto na presente dissertação argumenta-se que a avaliação de um projeto de investimento recorrendo à análise de opções reais, é um método que apresenta algumas vantagens comparativamente com o tradicional modelo dos fluxos de caixa atualizados. Mais precisamente, é analisada a política ótima de decisão de investimento no novo aeroporto. Trata-se de um exemplo característico de cálculo da opção de diferimento inerente à tomada de decisão, que consiste, essencialmente, na oportunidade de esperar para realizar o projeto.

As fórmulas desenvolvidas no presente trabalho permitem determinar o valor de um projeto de investimento com opção de diferimento, tendo por base um conjunto de pressupostos. Assim, considera-se que os fluxos de caixa do projeto são obtidos com base em variáveis (estocásticas e determinísticas) e que o valor do investimento é fixo. Mais, pressupõe-se que as variáveis estocásticas seguem um movimento geométrico *Browniano*. É ainda possível, obter o valor crítico para as variáveis do modelo, isto é, o valor a partir do qual é ótimo exercer a opção de diferimento, ou seja, avançar com o projeto.

**Palavras-chave:** Investimento, Análise de Opções Reais, Opção de Diferimento, Incerteza e Momento Ótimo de Investimento.

## **Abstract**

Valuation models based on traditional analysis were considered, for several years, as methods of excellence to evaluate investment projects. However, due to the strategic importance of few sectors, which includes the transport sector, the traditional analysis was being called into question, making room for new approaches related to decision making under uncertainty emerge, such as the real options approach.

In the context of this thesis it is argued that the evaluation of an investment project using the real options analysis is a method that has some advantages compared to the traditional model of discount cash flows. More precisely, the optimal policy is analyzed investment decision on a new airport. This is a characteristic of calculating the deferral option inherent in decision-making, which is essentially the opportunity to wait for the project.

The formulas developed in this study allow determining the value of an investment project with the deferral option, based on a set of assumptions. Thus, it is considered that the cash flows of the project are obtained based on variables (stochastic and deterministic) and the value of the investment is fixed. Further, it is assumed that the stochastic variables follow a geometric Brownian motion. It is still possible to obtain the critical value for the variables of the model, namely, the value from which great exercise its deferral option, or to move forward with the current project.

**Keywords:** Investment, Real Options Analysis, Deferral Option, Uncertainty and Optimal Time to Invest.

## Capítulo 1 – Introdução

### 1.1. Contextualização Geral da Dissertação

A avaliação de oportunidades de investimentos em ativos reais nos mais diversos setores da economia foi, durante muito tempo, analisada num contexto de certeza, assentando nos métodos tradicionais que se baseiam na utilização do valor atual dos fluxos de caixa esperados gerados pelo projeto.

Atualmente o mercado global e dinâmico em que vivemos, é caracterizado por uma crescente incerteza que atinge de forma determinante, o processo de tomada de decisões. Esta incerteza na avaliação de investimentos levou a que, tanto académicos como empresas procurassem aperfeiçoar modelos que permitissem avaliar investimentos sob incerteza.

É neste contexto de incerteza, que a flexibilidade da gestão prova a sua importância como instrumento fundamental para responder de uma forma eficaz, por exemplo, às alterações nas necessidades da procura, às mudanças de tecnologia, ou à limitação das perdas perante cenários adversos do mercado.

Por conseguinte, comparativamente com a análise tradicional de projetos de investimento, a análise de opções reais (AOR) veio introduzir novas perspetivas sobre o impacto que a incerteza induz no valor do projeto. Desta forma, as opções reais vieram alterar o paradigma da gestão na avaliação de investimentos. A década de noventa foi próspera em trabalhos que realçavam as vantagens da (AOR), em relação à teoria tradicional.

Dixit e Pindyck (1994) referem que, ao analisar uma oportunidade de investimento, o investidor normalmente depara-se com três características importantes que determinam o processo de tomada de decisão:

- A irreversibilidade: o investimento inicial pode ou não ser recuperado. Na maioria dos projetos, o investimento é parcialmente ou totalmente irreversível;

- A incerteza: quanto aos fluxos de caixa futuros, pois estes dependem das condições futuras do mercado;
- O momento de investir: a flexibilidade permite uma certa liberdade quanto ao momento de investir possibilitando adiar o investimento.

Na prática, as decisões dos investidores levam em conta uma delas e as suas interações. Como a abordagem de opções é uma tentativa de modelar, teoricamente, as decisões dos investidores, o seu melhor entendimento requer, antes de tudo, uma análise mais cuidadosa dessas características. Como é salientado por Trigeorgis (1993a) a avaliação de opções foi significativamente facilitada pelo reconhecimento de Cox e Ross (1976), de que uma opção pode ser replicada através da criação de uma carteira de ativos transacionados no mercado, ou seja, criando uma “*syntheticoption*”.

O impacto económico do investimento público em infraestruturas tem sido, nas duas últimas décadas, o centro dos debates no mundo académico e político, devido às externalidades positivas que estas criam para o setor privado, contribuindo para o bem-estar das famílias e para a produtividade das empresas. Assim, é natural encontrar países que assentaram o seu desenvolvimento nos grandes projetos de investimento público em infraestruturas, como é o caso de Portugal, Grécia, Irlanda e Espanha.

No cenário dos investimentos, a construção de uma grande infraestrutura é o género de investimento que para além de criar oportunidades de crescimento para as empresas que gravitam em seu redor, pode ainda induzir o crescimento de uma região. De entre as infraestruturas que geram benefícios a nível nacional e regional, estão incluídos os aeroportos, portos marítimos, caminhos de ferro ou redes de eletricidade. Os governos desempenham neste tipo de investimentos um papel fundamental, uma vez que, para além de desenvolver todo o quadro legal necessário, muitas vezes é também um dos principais investidores / acionistas.

Neste quadro consegue-se entender que, o valor gerado por este tipo de infraestrutura não flui apenas para o investidor, uma vez que todas as outras empresas que nascem e crescem em torno destes investimentos também beneficiam do valor gerado. No caso específico de um aeroporto o valor para o acionista pode diferir do seu valor social.

No entanto, nos últimos anos têm ocorrido desenvolvimentos a nível Europeu, que têm vindo a afetar as posições estratégicas de alguns aeroportos Europeus. Estes desenvolvimentos implicam uma abordagem nova e mais dinâmica para o planeamento de longo prazo dos aeroportos. Primeiro, os governos de alguns países já estão a limitar o seu papel como investidores / proprietários dos aeroportos. Em segundo lugar, o crescimento do tráfego aéreo, resultou na procura de mais passageiros. O número de voos dentro da Europa deverá continuar a crescer durante as próximas décadas, apesar do desenvolvimento de transportes alternativos como é do caso do TGV (Train Grande Vitesse ou comboio de alta velocidade). Assim algumas das incertezas que os aeroportos enfrentam prendem-se com: a incerteza no crescimento da procura devido às mudanças na economia global e o crescimento ou falência da companhia aérea de bandeira. Por último, a tendência que se tem revelado para a desregulamentação do setor do transporte aéreo, cria oportunidades para a criação de novas rotas, tendo como consequência um aumento da concorrência.

## **1.2. Motivação**

O presente trabalho constitui a dissertação do curso de mestrado em Finanças Empresariais e incide sobre um tema atual, a avaliação de projetos de investimento em contexto de incerteza, através do recurso à AOR.

A importância da aplicação de modelos de opções reais ao NAL vem fortalecida pelas características e possibilidades que a respetiva metodologia oferece. É um investimento com custos avultados e irreversível, influenciado por diversas incertezas que desempenham um papel fulcral na rentabilidade do projeto a médio e a longo prazo. Trata-se de um projeto de escala nacional promovido pelo Estado, que constitui, conjuntamente com o projeto na alta velocidade ferroviária, um dos maiores investimentos a realizar em Portugal ao longo dos próximos anos. Consequentemente, a sua implementação é de extrema importância, não apenas em termos económicos, mas também pelas implicações sociais que poderá trazer ao país. Este interesse beneficia da controvérsia atualmente existente em relação à viabilidade do investimento, que reforça a necessidade de fundamentar adequadamente a respetiva decisão de implementação.

O anteriormente exposto sintetiza o leque de razões subjacentes à motivação para a realização desta dissertação. A todas elas se soma e simultaneamente se interliga o facto de o país ser escasso em recursos económicos, situação que aliada ao momento atual de crise internacional, contribui para dificultar a opção por um investimento desta índole.

### **1.3. Objectivos**

A presente dissertação pretende mostrar que a avaliação de um projeto de investimento recorrendo à análise de opções reais, é um método que apresenta algumas vantagens comparativamente com o tradicional modelo dos fluxos de caixa atualizados. Em particular, pretende mostrar-se que a inclusão da opção de diferimento na avaliação de um projeto com um avultado investimento, como é o caso do NAL, constitui uma metodologia que adiciona alguns contributos positivos aos modelos tradicionais.

Neste contexto pretende-se desenvolver um modelo de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento, sendo posteriormente testada a sua validade através da aplicação a um exemplo numérico, o caso do investimento no NAL.

### **1.4. Limitações do Estudo**

Durante a elaboração da presente dissertação, foram vários os problemas e as limitações existentes. Por um lado a formalização matemática que um problema desta natureza envolve. Neste sentido foram considerados alguns pressupostos com o objectivo de reduzir a complexidade matemática, mas que, porventura, retiraram validade ao modelo. Por outro lado, na parte da aplicação prática, era necessário ter valores para um conjunto de variáveis. Para a obtenção das respetivas estimativas era necessário ter acesso a um conjunto de informações com acesso restrito ou confidencial. Neste sentido, os valores considerados no exemplo numérico foram obtidos através do recurso a alguns critérios que podem ser discutíveis. Apesar de todas estas limitações, os resultados alcançados com o modelo são coerentes com a realidade económica e financeira.

## **1.5. Apresentação da Dissertação**

A presente dissertação encontra-se organizada da seguinte forma. O corpo do trabalho está organizado em 6 capítulos. O conteúdo genérico de cada um dos capítulos (excluindo o presente) descreve-se seguidamente.

O capítulo 2 irá focar-se na caracterização do setor aeroportuário, sua evolução e interligações. O capítulo 3 tem por objetivo fazer uma revisão da literatura sobre o tema em estudo. O capítulo 4 apresenta um modelo geral de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento. O capítulo 5 tem como principal objetivo mostrar a aplicabilidade, das fórmulas gerais apresentadas no capítulo anterior, a um projeto como o da construção de um novo aeroporto em Lisboa. O capítulo 6 centra-se nas conclusões e nas propostas para futuros trabalhos.

## **2 - O Setor dos Transportes Aéreos**

### **2.1. Introdução**

O presente capítulo pretende, de uma forma sumária, caracterizar o atual panorama do setor dos transportes em geral e o setor aeroportuário nacional em particular. Simultaneamente pretende-se fazer a ligação entre setor aeroportuário e a indústria de aviação.

O capítulo encontra-se estruturado da seguinte forma. O primeiro ponto é composto pela presente introdução. No segundo, sublinha-se a importância que os transportes desempenham numa sociedade moderna. No terceiro ponto caracteriza-se o setor aeroportuário em Portugal. No quarto ponto realça-se a relação existente entre o setor aeroportuário e o setor aeronáutico, bem como a importância deste último. No quinto e último ponto, elabora-se uma breve caracterização do projeto do novo aeroporto.

### **2.2. A Importância do Setor dos Transportes**

O setor dos transportes, resultante do papel preponderante que estes desempenham para o desenvolvimento económico e para a competitividade de um país, região ou mesmo de uma cidade, encontra-se ao nível dos setores básicos da economia, tais como a saúde, educação e energia. Para que este setor funcione de modo a potenciar a economia, as infraestruturas são essenciais para assegurar o referido desenvolvimento económico, facto que pressupõe uma gestão planeada dos recursos e uma organização mais estruturada da rede de transportes, com vista a responder às necessidades exigidas. Importa pois, estar consciente da importância económica deste setor, aquando do planeamento do seu futuro.

A reflexão sobre o papel e importância que os transportes exercem sobre a sociedade como um todo, é realçada no Livro Branco – A Política Europeia de Transportes no Horizonte 2010: a Hora das Opções, (2001), que menciona

“Perante uma procura de transporte sempre crescente, a Comunidade não pode responder apenas com a construção de novas infraestruturas e com a abertura dos mercados, o duplo imperativo que representam o alargamento e o desenvolvimento sustentável, consagrado nas conclusões do Conselho Europeu de Gotemburgo, impõe uma otimização do setor dos transportes. Um sistema de transportes moderno deve ser sustentável, tanto do ponto de vista económico como do social e do ambiental.”

O setor dos transportes tem tido taxas de crescimento superiores à taxa de crescimento dos próprios países, contribuindo para o Produto Nacional Bruto (PIB) desses mesmos países. O crescimento deste setor é o reflexo, da crescente mobilidade, por parte das pessoas, do aumento do bem-estar económico das populações e da globalização da economia, razões pelas quais seria impossível conceber uma economia sustentável sem um sistema de transportes apropriado.

O transporte aéreo tem beneficiado das taxas de crescimento do setor, registando um crescimento rápido, facto que leva a que enfrente, inevitavelmente, problemas de saturação das infraestruturas, como é o caso do atual aeroporto de Lisboa.

Dada a sua importância, para o desenvolvimento de um país, este é um setor bastante regulamentado, de forma a assegurar o bom funcionamento, e fortemente dependente do Estado, essencialmente devido aos fortes investimentos que este setor necessita. Em Portugal os organismos que regulam o setor são: o Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC), o Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT), o Instituto Português e dos Transportes Marítimos (IPTM) e o Instituto de Infraestruturas Rodoviárias (InIR).

De uma forma geral, o setor dos transportes, para além de desempenhar um papel crucial na viabilização do desenvolvimento sustentado de um país, desempenha um importante papel social, uma vez que a melhoria das condições e da qualidade de vida das populações está fortemente relacionado com o progresso do setor.

### 2.3. Caracterização do Setor Aeroportuário em Portugal

O desenvolvimento que o sistema aeroportuário tem vindo a sofrer nas últimas décadas, tem estado assente, essencialmente, no significativo crescimento da procura do tráfego aéreo, nas vertentes de transporte de passageiros e carga, na desregulamentação promovida pela Comissão Europeia e na liberalização de algumas atividades aeroportuárias.

O sistema aeroportuário Nacional integra, segundo o Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações<sup>1</sup> (MOPTC), as seguintes infraestruturas:

- 5 Aeroportos principais: Portela, Francisco Sá Carneiro, Faro, Madeira e Ponta delgada;
- 10 Infraestruturas complementares insulares: Porto Santo, Lajes, Horta, Santa Maria, Flores, Graciosa, Pico, Corvo, São Jorge, 1 heliporto aprovado;
- 84 Infraestruturas complementares continentais: 24 aeródromos certificados, 2 aeródromos aprovados, 9 heliportos certificados e 49 heliportos aprovados.
- 11 Bases militares, Ovar, Monte Real, Tancos, Santa Margarida, Alverca, Sintra, Alcochete, Montijo, Beja, Porto Santo e Lages (de salientar que algumas destas bases militares também podem ser utilização de natureza civil – Alverca, Lajes, Porto Santo e Beja)

Das bases militares mencionadas, que também têm utilização de natureza civil, a de Beja é o exemplo mais recente, dado que, desde 2011, tem desempenhado um papel mais ativo na aviação comercial.

Das infraestruturas pertencentes ao sistema aeroportuário Nacional, os aeródromos e os heliportos, estão essencialmente vocacionados para funções mais específicas, tais como: proteção civil, emergência médica, aviação desportiva e educacional, estando a sua gestão a cargo de entidades regionais, municipais e / ou privadas.

---

<sup>1</sup> Plano Estratégico de Transportes 2008-2020, (MOPTC, maio 2009)

As infraestruturas existentes encontram-se, de um modo geral, adequadas às necessidades do País quer ao nível da procura atual e prevista para os próximos vinte anos, quer em termos de comparação com outros países europeus e da distribuição geográfica ao longo do território nacional e insular. O principal constrangimento em termos de capacidade encontra-se no atual aeroporto de Lisboa.

Para que o sistema aeroportuário Nacional seja competitivo e sustentável, não basta disponibilizar as infraestruturas, existem, pelo menos, dois desafios que devem ser mencionados. O primeiro desafio é, o de melhorar significativamente os níveis de satisfação dos clientes (nos quais se incluem, para além dos passageiros, as companhias aéreas e outros prestadores de serviços aeroportuários). O segundo desafio é, desenvolver uma estratégia integrada capaz de fazer face ao aumento crescente da concorrência aeroportuária. Esta estratégia inclui a captação de tráfegos, a melhoria e a redução de custos na gestão aeroportuária.

De salientar que em Portugal, o Estado atua como o principal investidor em infraestruturas de transportes, atuando em simultâneo como entidade reguladora da atividade transportadora.

Os aeroportos portugueses são geridos pela ANA, Aeroportos de Portugal, SA e pela ANAM, Aeroportos da Madeira, SA, que é detida em 70% pela ANA<sup>2</sup>, sendo a estrutura acionista da ANA, composta em 68.56% pela *holding* estatal Parpública – Participações Públicas (SPGS), SA, e pela Direção Geral do Tesouro com 31.44%.

O tráfego registado em 2010<sup>3</sup>, nos aeroportos sob gestão da ANA e da ANAM cifrou-se em 28.3 milhões de passageiros e cerca de 145 mil toneladas de carga, decorrentes dos 298 mil movimentos de aeronaves. Cerca de 50% dos passageiros foram processados no Aeroporto de Lisboa, ao qual corresponde cerca de 142 mil movimentos de aeronaves e cerca de 94 mil toneladas de carga.

É pois importante criar as condições necessárias que permitam o aumento da produtividade e da competitividade das empresas Portuguesas. Estas condições passam,

---

<sup>2</sup> [www.ana.pt](http://www.ana.pt) e relatório de sustentabilidade, 2011

<sup>3</sup> Relatório anual de estatística de tráfego de 2010

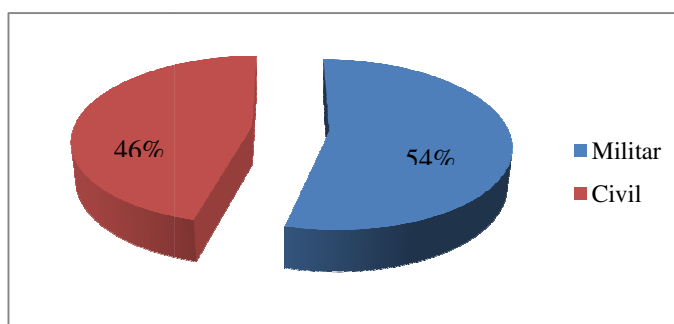
pela oferta de novas rotas e pela atração de tráfego, com vista ao desenvolvimento do turismo, bem como de uma melhor oferta ao nível da carga aérea.

## 2.4. Setor Aeroportuário vs Setor Aeronáutico

Na secção anterior foi caracterizado o setor aeroportuário, contudo a atividade aeroportuária deve ser enquadrada no contexto do setor aeroespacial, dado que os aeroportos constituem um elemento fundamental para o funcionamento da indústria de aviação. Entenda-se o conceito aeroespacial, como sendo o termo mais utilizado, a nível internacional, para designar as empresas que atuam no setor da aeronáutica, espaço e defesa.

Os dados disponibilizados pela associação europeia das indústrias aeroespaciais, espaço e defesa (ASD)<sup>4</sup>, que agrega vinte e oito associações de vinte países e que representa as indústrias de aeronáutica, espaço, defesa e segurança na Europa, exprimem o peso deste setor. Em 2011 esta associação representava mais de 2000 empresas que empregavam 730 000 pessoas, que geraram um volume de negócios de 171,5 MM€. Volume que se encontrava distribuído da seguinte forma:

**Figura 2.1.** Divisão do volume de negócios pelo setor civil e militar (2011)



Fonte: ASD: Key Facts and Figures 2011

A indústria aeroespacial europeia desenvolve e fabrica um amplo conjunto de produtos imprescindíveis para o bom desempenho das atividades em que está envolvida, tais

<sup>4</sup> [www.asd-europe.org](http://www.asd-europe.org)

como: aviões militares e civis, motores aeronáuticos, helicópteros, aeronaves não tripuladas e ainda sistemas e equipamentos. Este setor engloba ainda as empresas que fazem manutenção, efetuam reparações, formação e outras atividades relacionadas com os diversos produtos.

Pelas razões apontadas, este é um setor que pode ser considerado como estratégico para as nações, quer por sistemas fundamentais para a segurança nacional, quer pelo desenvolvimento sócio-económico que lhe está associado resultante dos efeitos económicos diretos. É um setor que também se caracteriza por uma elevada densidade tecnológica, por investimentos avultados em atividades de I&D, pela mão de obra altamente qualificada e pelo valor acrescentado dos seus produtos.

Filipe (2002)<sup>5</sup>, vem reforçar a importância do setor aeroespacial ou aeronáutico, ao referir que este permite aos países ou às regiões atingir vantagens substanciais, as quais se podem sintetizar da seguinte forma: (i) Criação de riqueza, devido à fabricação e comercialização de bens e serviços de elevado conteúdo tecnológico e valor acrescentado; (ii) Criação de empregos, diretos e indiretos, de elevada qualificação e especialização; (iii) Utilização de produtos e serviços de qualidade, provenientes das atividades de I&D que são desenvolvidas por empresas, centros de investigação e universidades; (iv) Abertura de canais de comercialização que resultam essencialmente da inserção das empresas nas cadeias de fornecimento dos grandes construtores.

A indústria aeroespacial em Portugal, comparada com as suas congéneres internacionais, tem uma expressão relativamente pequena na economia nacional. Este facto pode ser explicado pelas reduzidas dimensões do país e o baixo desenvolvimento de algumas regiões, dificultando assim o desenvolvimento de iniciativas e de políticas de promoção deste setor de atividade.

Em Portugal este setor é composto por duas grandes empresas, a Indústria Aeronáutica de Portugal, SA (OGMA) e pelos Transportes Aéreos Portugueses (TAP). A atividade destas empresas está repartida pelo setor logístico, com particular destaque para a atividade de manutenção, e pelas operações aéreas. As operações aéreas englobam o transporte comercial e não comercial de passageiros, o transporte de carga aérea, o

---

<sup>5</sup> Filipe, Pedro (2002) – *Aeronáutica como Motor de Desenvolvimento Económico*, in *Economia Pura*, fevereiro

transporte privado de passageiros, o táxi aéreo, a instrução de pilotagem, o transporte de emergência e salvamento, e ainda a utilização no combate a incêndios e no apoio à agricultura.

Este é um setor que se situa a montante da indústria de transporte aéreo e tem interações com as companhias de aviação e com as infraestruturas aeroportuárias. As primeiras porque desenvolvem o seu negócio em função da dimensão do mercado local. As segundas porque necessitam de dimensionar a sua capacidade em função das aeronaves que nelas vão operar.

## **2.5. Caracterização do Projeto do Novo Aeroporto**

A discussão em torno da construção e localização do novo aeroporto de Lisboa, remonta aos anos 60 do século passado, uma vez que desde o final dessa década se começaram a antecipar as limitações à utilização da Portela, local onde o atual aeroporto foi construído em 1942. Razão pela qual se começaram a desenvolver estudos para o desenvolvimento e concretização de um Novo Aeroporto Internacional de Lisboa.

Das hipóteses possíveis para a localização do novo aeroporto, o governo, em janeiro de 2008, decidiu aprovar com caráter preliminar a decisão de localização do NAL no Campo de Tiro de Alcochete (CTA). Esta decisão foi confirmada a 8 de maio de 2008, através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 85/2008.

Na mesma Resolução, o Governo confirmava, também, 2017 como a data limite para a entrada em funcionamento da nova infraestrutura aeroportuária. Com a concretização deste objetivo, pôr-se-á termo ao ciclo de 75 anos do atual Aeroporto da Portela, o qual contribuiu de forma inestimável, não só para o desenvolvimento da região que mais diretamente servia, como também para o desenvolvimento económico e social do próprio país.

A construção do novo aeroporto tem como principais objetivos, responder à anunciada saturação da Portela e dotar o País de um pólo atlântico de ligação entre a Europa e outros continentes.

O constrangimento da capacidade operacional do atual aeroporto face á procura deverá ser uma realidade, uma vez que após as obras de expansão, até ao limite da sua capacidade, este terá capacidade para processar 16/17 milhões de passageiros por ano, sendo que as previsões para 2020 apontam, segundo o MOPTC<sup>6</sup>, para cerca de 21 milhões de passageiros e 132 mil movimentos de aeronaves, movimento que o atual aeroporto não conseguirá dar resposta. Razão pela qual, o NAL aquando da sua abertura estará dimensionado para processar 22 milhões de passageiros, podendo evoluir até aos 44 milhões, projetados para 2050.

O objetivo de dotar Portugal com uma infraestrutura capaz de fazer concorrência com os demais aeroportos europeus, advém da situação geográfica, onde Portugal se encontra, relativamente ao centro da Europa, que não deixando de ser periférica, a mesma é privilegiada pela confluência de várias rotas internacionais. Razão pela qual é comum ouvir-se o comentário que Portugal tem todas as possibilidades de se tornar numa “porta de entrada” e de “saída” entre a Europa e os outros continentes. Beneficia ainda da questão da saturação do espaço aéreo, e consequentemente dos aeroportos Europeus seus concorrentes.

Como forma de responder, quer às necessidades de saturação, quer às de modernização, as características gerais do NAL são as seguintes:

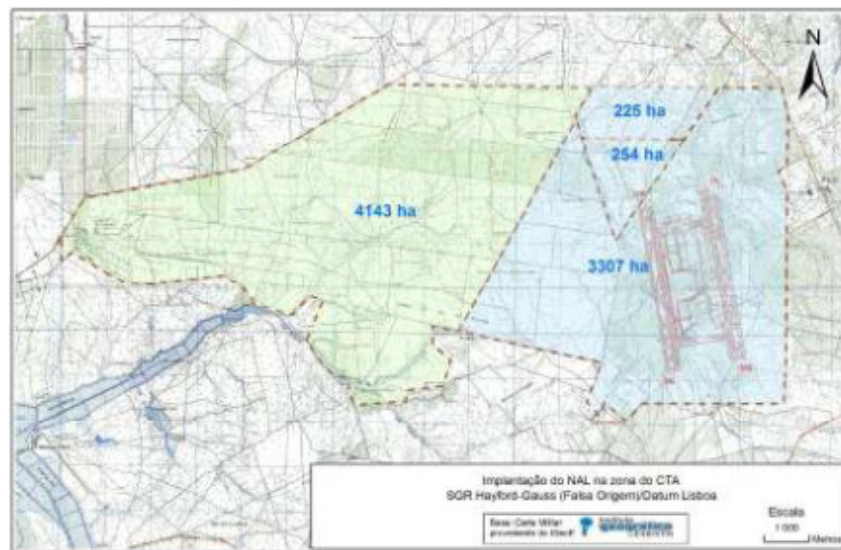
- O projeto ocupará uma área total de 3.383 hectares, sendo que apenas 1.920 são ocupados pelo projeto, ficando a restante área como reserva para a possibilidade de construir a 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> pistas;
- Duas pistas paralelas com cerca de 4000 m de comprimento e com a possibilidade de expansão, já mencionada, para quatro pistas;
- Capacidade de operação para todo o tipo de aeronaves;
- O terminal de passageiros apresentará em 2022 uma área de 318.000m<sup>2</sup> e em 2050 de 484.000m<sup>2</sup>.
- A grande maioria das operações de aeronaves será realizada em “Mangas”;
- Inclui um centro multimodal ferroviário e rodoviário no terminal de passageiros;

---

<sup>6</sup> Plano Estratégico de Transportes 2008-2020, (MOPTC, maio 2009)

- Capacidade de abertura dimensionada para uma procura de 22 milhões de passageiros.

O NAL localizar-se-á a cerca de 40Km a Este de Lisboa, na margem sul. Contudo as distâncias a percorrer irão depender do percurso escolhido; pela ponte Vasco da Gama (24 km), pela ponte 25 de Abril (40 km) e pela nova terceira travessia sobre o Tejo (TTT) a 12 km de Lisboa, colocando assim o NAL a uma distância média de 32 km de Lisboa, levando em consideração apenas as duas alternativas já existentes. A figura 1, mostra a zona de implementação do NAL.



**Figura 2.2. - Implantação da infraestrutura aeroportuária na zona do CTA**

Não obstante as razões apontadas, o volume de investimento em causa para levar a cabo a construção do NAL levanta, com toda a pertinência, a questão dos “custos de oportunidade”. Isto, porque entre outras razões, há uma restrição financeira, primeiro a nível global, depois a nível do Estado.

Como conclusão, pode-se dizer que, de uma forma geral, a procura de transportes responde às necessidades de organização e funcionamento da economia e das sociedades. Portanto quanto mais desenvolvida e complexa for uma sociedade, maior tende a ser o número e a extensão das viagens de pessoas e bens.

## **Capítulo 3 – Revisão de Literatura**

### **3.1. Introdução**

O presente capítulo pretende, de uma forma sintética, apresentar o “estado da arte” da investigação económica e financeira no domínio das opções reais. A parte final do capítulo incide no setor dos transportes e na opção de diferimento, uma vez que esse será o enfoque dos capítulos seguintes desta dissertação.

Os modelos de avaliação baseados na análise tradicional, foram considerados durante anos, como os métodos de excelência, para avaliar projetos de investimento. No entanto, devido à importância estratégica de alguns setores, onde se inclui o setor dos transportes, a análise tradicional foi sendo posta em causa, dando espaço para que novas abordagens relacionadas com a tomada de decisões em contexto de incerteza emergissem, como é o caso da metodologia das opções reais.

Enumeram-se de seguida, os vários pontos abordados no presente capítulo. Após a presente introdução, é descrita de uma forma breve a análise tradicional de avaliação de projetos de investimento. O ponto seguinte debruça-se sobre as opções reais, fazendo uma analogia entre as opções reais e as opções financeiras, e comparando a análise tradicional com a análise através das opções reais. O quarto, quinto e sexto ponto apresentam respetivamente, alguns tipos de opções reais e as opções reais em projetos de investimento em geral e no setor dos transportes em particular. Os dois últimos pontos abordam o valor da opção de diferimento, o momento ótimo para investir e as limitações da AOR (Análise de Opções Reais).

### **3.2. Análise Tradicional de Avaliação de Projetos**

Tradicionalmente as técnicas dos fluxos de caixa atualizados (FCA) têm sido utilizadas como métodos de referência na avaliação de projetos de investimentos. Entenda-se o conceito de fluxo de caixa, como o somatório de todos os pagamentos e recebimentos resultantes da realização do investimento. Assim, o fluxo de caixa é utilizado como

medida do benefício monetário líquido, ou como a medida de rentabilidade de um projeto, produzido por um determinado projeto, num determinado momento.

Ao longo das últimas décadas, as técnicas dos FCA mais difundidas são o VAL e a TIR, as quais recorrem ao princípio do valor temporal do dinheiro, em que os valores gerados pelo projeto são todos reportados ao mesmo momento no tempo. O VAL de um investimento corresponde à soma algébrica do valor atual de todos os fluxos de caixa (positivos e negativos) pertencentes ao projeto. A TIR de um projeto de investimento corresponde à taxa de atualização relativa aos fluxos de caixa gerados por um projeto, que torna o VAL igual a zero. Na avaliação de projetos, o VAL e a TIR apoiam-se em pressupostos distintos e medem aspetos diferentes do investimento. No entanto, são frequentemente utilizados de uma forma complementar pois respondem a necessidades diferentes na análise e fornecem informação objetiva, que se traduz na regra de decidir sobre se o investimento deve ou não ser implementado. Estas técnicas são amplamente difundidas e aplicadas no campo das finanças empresariais (Brealey e Myers, 1998). A teoria neoclássica de investimento, através do  $q$  de Tobin (1969), apoia, em teoria, ambas as técnicas.

Segundo Couto (2006), os principais pressupostos implícitos à análise dos FCA, podem sumariar-se da seguinte forma:

1. Mercados perfeitos e completos, com competidores racionais;
2. Existência de ativos cotados ou similares a nível de risco, transacionados no mercado, que “imitam” os ciclos e os fluxos gerados pelo projeto;
3. Independência dos projetos e linearidade da análise dos fluxos de caixa;
4. Decisões imediatas do tipo “agora ou nunca”, aceitação ou rejeição;
5. Gestão passiva, como se os compromissos fossem irrevogáveis face aos cenários esperados na estratégia operacional;
6. Projetos sem flexibilidade operacional ou opções subjacentes, não sendo possível a expansão, contração ou abandono;
7. Taxas de atualização, dependentes apenas do risco do projeto, não sendo afetadas pelas ação da gestão.

No entanto, estes métodos têm vindo a ser criticados, essencialmente, devido ao facto de se basearem em condições de certeza quando são formulados, e não incorporarem a incerteza inerente aos projetos de investimento. Tornando-se assim, necessário encontrar métodos de avaliação capazes de colmatar estas lacunas ou pelo menos minorar alguns dos problemas que têm surgido.

Porfírio et. al. (2004), apontam algumas deficiências ao FCA, as quais ajudam a fundamentar as críticas que têm sido apontadas a esta metodologia, tais como:

- O FCA implicitamente assume que a empresa detém passivamente os seus ativos reais – projetos;
- O FCA ignora as opções existentes nos ativos. Pois assume uma gestão passiva;
- O método do FCA foi inicialmente desenvolvido para a análise de ativos como títulos de dívida pública e ações. Sendo que os investidores destes ativos, pouco ou nada podem fazer para melhorar a rendibilidade do seu ativo, eles são necessariamente passivos.

Ainda neste contexto, Dixit e Pindyck (1994) referem que a utilização de tais técnicas pode conduzir a decisões de investimento erradas, uma vez que, para além de não incorporarem a incerteza, ignoram duas outras características importantes para a tomada de decisões: a irreversibilidade e a possibilidade de adiar a decisão de investir.

Desta forma a Análise de Opções Reais (AOR), sendo uma técnica que considera a avaliação de ativos reais em ambientes de incerteza, afigura-se como um método que permite colmatar algumas das críticas apontadas ao tradicional método dos FCA. Neste âmbito, o trabalho desenvolvido por Myers (1977) constitui uma referência crucial para o desenvolvimento da AOR, o qual defende que as oportunidades de crescimento das empresas devem ser vistas como opções.

### **3.3 Análise de Opções Reais**

#### **3.3.1 Caracterização Sumária**

A AOR é uma metodologia para avaliação de ativos reais, tais como, investimentos em equipamentos, propriedades intelectuais, terrenos, fontes de recursos naturais (minas, poços de petróleo, etc.) projetos de pesquisa e desenvolvimento. Esta metodologia, para além de permitir avaliar a flexibilidade operacional e opções estratégicas dentro de um único projeto, permite ainda incorporar incertezas. Entende-se por flexibilidade operacional, o valor adicional do projeto que resulta do facto da gestão poder rever decisões operacionais como resposta a alterações nas condições de mercado.

A flexibilidade pode ser entendida como um conjunto de opções, pois o gestor pode, diferir, expandir, contrair, encerrar temporariamente, abandonar ou mesmo alterar a estratégia inicial.

Uma opção real corresponde assim a um direito que o gestor tem para tomar decisões sobre ativos reais. Com o surgimento de novas informações as incertezas sobre os fluxos de caixa acentuam-se, o que leva o gestor a tomar decisões que irão influenciar o valor final do projeto. As decisões mais comuns incidem sobre o momento ótimo para investir ou abandonar um projeto, modificar as características operacionais de um ativo ou trocar um ativo por outro.

Se uma opção real resulta da flexibilidade que um gestor tem para tomar decisões, essa flexibilidade tem um valor associado. Porém flexibilidade só existe porque há incerteza. Assim sendo, um incremento de incerteza, aumenta o valor da opção, uma vez que aumenta o valor da flexibilidade. Kulatilaka (1995) corrobora a importância da flexibilidade ao afirmar que esta dá ao gestor a opção de agir ao longo da vida do projeto.

Copeland e Antikarov (2003) e Smit (2003) são da opinião que as opções reais vieram fazer a ponte entre as finanças e o planeamento estratégico, através da incorporação do conceito de flexibilidade que uma equipa de gestão pode dar ao projeto. Atuando sobre

ele com as suas ações, quer pelo modo como as suas ações podem limitar perdas ou capitalizar potenciais ganhos, quer pelo impacto da incerteza que está implícito às oportunidades de investimento, dando uma nova dimensão à avaliação de projetos, que não era captada pelo VAL.

Uma das características que diferencia a metodologia tradicional de avaliação de projetos, da avaliação baseada nas opções reais, é que a primeira assume que as equipas de gestão adotam um papel passivo após a implementação dos projetos, enquanto a segunda expande o valor obtido da análise tradicional. A análise de opções reais permite que os gestores, através da criação e gestão ótima de opções estratégicas e operacionais, maximizem o valor dos acionistas num ambiente dinâmico de negócio.

Neste contexto as oportunidades de investimento podem ser vistas como conjuntos de opções reais de compra e venda, e, tal como acontece com os instrumentos financeiros, a avaliação baseada nas opções reais pode ser útil, para quantificar o valor da flexibilidade operacional e o grau de adaptabilidade estratégica que está associado às opções reais.

Como é referido por vários autores, de entre os quais se destacam, Myers (1977), Kester (1984), Trigeorgis e Mason (1987), Dixit e Pindyck (1994), Ross (1995) e Trigeorgis (1996), é devido ao facto de existir flexibilidade operacional e estratégica que as abordagens tradicionais à avaliação de investimentos reais têm vindo a ser consideradas como inadequadas.

De acordo com Dixit e Pindyck (1994) a avaliação de investimentos baseada na análise de opções reais, permite incorporar, para além da flexibilidade, a irreversibilidade, a incerteza e a possibilidade de adiar a tomada de decisão.

### **3.3.2. Analogia entre Opções Financeiras e Opções Reais**

Uma opção financeira é um contrato que confere ao seu detentor o direito, mas não a obrigação, de comprar (*call option*) ou de vender (*put option*) uma determinada

quantidade de um dado ativo (o ativo subjacente), a um preço pré-estabelecido (preço de exercício), numa data pré-determinada.

Segundo Cox, Ross e Rubinstein (1979), é através do artigo de Fisher Black e Myron Scholes publicado em 1973, que surge pela primeira vez uma metodologia capaz de avaliar, de uma forma satisfatória, as opções financeiras.

Fazendo a analogia com a opção financeira, uma opção real é o direito, mas não a obrigação, de agir de forma a afetar a situação futura de um ativo real - por exemplo, expandir, contrair, diferir ou abandonar um investimento - com um custo pré-estabelecido, durante um período de tempo pré-determinado. A principal diferença entre os dois tipos de opções, reside, essencialmente, no facto de na opção real estar implícito na opção, uma ação sobre um ativo real. Em finanças o termo opção real foi abordado originalmente por Myers (1977), quatro anos depois do trabalho pioneiro de Black e Scholes (1973) e de Merton (1973). Myers, foi o primeiro a identificar o facto de muitos ativos reais, poderem ser analisados como opções de compra financeiras.

Trigeorgis (1988) e Luehrman (1998), reforçam as semelhanças apresentadas entre uma oportunidade de investimento e uma opção financeira. Os autores caracterizam estas semelhanças afirmando que, tanto o detentor de uma opção sobre uma ação como o detentor de uma oportunidade de investimento, têm o direito mas não a obrigação de adquirir o valor atual dos fluxos de caixa esperados, incorrendo num custo de investimento que deverá ocorrer antes, ou no limite na data em que cessa a oportunidade de investimento.

Embora as opções reais e as opções financeiras apresentem muitas semelhanças, a analogia existente não é perfeita. De facto, como é referido por Kester (1984 e 1993) e Trigeorgis (1993b e 1996), algumas das diferenças que se podem encontrar e que constituem os principais condicionalismos de aplicação prática são os seguintes:

- Enquanto que as opções reais podem pertencer a vários concorrentes, as opções financeiras são propriedade exclusiva dos seus detentores (Kester, 1984 e 1993);
- Geralmente as opções reais não são transacionáveis, contrariamente às opções financeiras (Kester, 1993);

- A avaliação de opções reais pode tornar-se mais complexa, devido à possibilidade de interdependência entre diferentes opções reais existentes num mesmo projeto (Trigeorgis, 1993b e 1996).

A analogia existente entre opções reais e opções financeiras é importante porque permite aplicar, com as devidas adaptações, os modelos de avaliação de opções financeiras, que têm sido desenvolvidos na literatura financeira, aos investimentos em ativos reais.

### **3.3.3 Análise Tradicional *versus* Opções Reais**

Conforme tem sido referido nas secções anteriores, a avaliação tradicional de projetos de investimento compreende, por norma, um conjunto de técnicas, baseadas nos FCA, que permitem determinar a viabilidade económica e financeira dos projetos, considerando um determinado custo de oportunidade.

A análise tradicional é realizada tendo em conta o cenário mais provável, ou seja, aquele onde se considera provável uma maior probabilidade de ocorrência, originando que esta análise fique limitada aos pressupostos iniciais. Assim, esta análise não considera a possibilidade de alterações / opções que possam surgir ao longo do projeto, assumindo que as decisões futuras são ótimas embora sejam desconhecidas. Desta forma aceita-se levar o projeto até ao final com a informação obtida inicialmente.

O facto de o futuro estar envolto em incertezas, torna exigível a existência de flexibilidade na tomada de decisões e que o momento ótimo para a decisão de investimento seja tomado em consideração. Fatores que a análise tradicional não consegue responder.

Por estas razões a análise tradicional não tem merecido consenso entre os académicos e tem sido alvo de críticas, dando origem ao aparecimento de uma nova abordagem capaz de responder às “lacunas” apontadas a esta análise, sendo elas: a valorização da flexibilidade e da oportunidade de investimento.

Esta nova abordagem conhecida como AOR, permite captar a flexibilidade para reagir a acontecimentos inesperados que ocorrem nos projetos. Assim a grande diferença entre a AOR e a análise tradicional de análise de investimentos, baseada no conceito do VAL e da TIR, reside na capacidade que a AOR tem para incorporar o valor de flexibilidade.

Por esta razão, tanto académicos como gestores, mostram-se insatisfeitos com os métodos tradicionais de avaliação de projetos (VAL e TIR), uma vez que estes não conseguem avaliar todas as fontes de valor de um investimento, conforme afirma Trigeorgis (1993a), Siegel, Smith e Paddock (1987), uma vez que, ao não adicionar o valor da flexibilidade, estes tendem a subestimar o valor do projeto.

Para Morck, Schwatz e Stangeland (1989), nas situações em que tanto a incerteza como as decisões dos gestores são importantes ao longo da vida do projeto, a análise tradicional pode levar a decisões erradas, uma vez que são técnicas que tratam estas questões superficialmente e baseiam-se no pressuposto de que os fluxos de caixa seguem um padrão rígido e que podem ser previstos até um futuro distante.

Por outro lado, Brealey e Myers (1998) defendem que o VAL assume um envolvimento passivo do gestor, uma vez que trata os investimentos como “caixas negras” as quais produzem fluxos de caixa sem qualquer intervenção do gestor. Por outras palavras o gestor teria apenas de seguir uma estratégia previamente definida para a vida do projeto, em vez de ter de tomar decisões.

Amran e Kulatilaka (1999a) são da opinião que a análise tradicional funciona corretamente quando não existem opções associadas ao projeto, ou caso estas existam, não se verifique qualquer tipo de incerteza.

Já Trigeorgis e Mason (1987) e Trigeorgis (1988 e 1996b) defendem que o VAL não consegue avaliar todas as fontes de valor inerentes a um projeto. Para eles o VAL ignora dois aspetos essenciais: (i) a flexibilidade operacional, a qual permite que o gestor tome decisões sobre o projeto, (ii) valor estratégico resultante das interações com investimentos futuros. Este último aspeto também é defendido por Myers (1987) uma vez que este alega que a dificuldade maior de ser ultrapassada é a das interações existentes entre investimentos atuais e oportunidades futuras, pois estas oportunidades são encaradas como opções e o VAL não tem qualquer capacidade para as avaliar.

Uma vez que a AOR considera o valor da incerteza e da flexibilidade na fórmula de cálculo, o valor de um projeto de investimento com recurso às opções reais deverá apresentar um valor superior ao VAL tradicional.

Segundo Porfírio et al. (2004), a escolha da AOR como a melhor ferramenta para o processo de tomada de decisão em investimentos de capital, assenta nos seguintes fatores:

1. As incertezas do valor do projeto são parte integrante dos modelos matemáticos;
2. O modelo de avaliação contempla a flexibilidade e a gestão ativa do projeto da empresa;
3. O modelo de avaliação tem maior semelhança com a realidade empresarial;
4. Os resultados produzidos pelo modelo de avaliação, incorporam o valor da flexibilidade de cada alternativa de investimento, facilitando a comparação dos projetos de forma direta.

### **3.4. Tipos de Opções Reais**

Quando se analisa um projeto de investimentos em ativos reais, são vários os tipos de opções capazes de perturbar o processo de tomada de decisão. Isto acontece porque, como já foi referido anteriormente, os gestores têm, cada vez mais, um papel ativo durante o período de vida de um projeto de investimento em ativos reais. Razão pela qual, é normal um projeto de investimentos em ativos reais poder incorporar um ou vários tipos de opções capazes de afetar o processo de tomada de decisão.

Torna-se fundamental ter conhecimento das oportunidades incorporadas num projeto, para que seja possível realizar uma boa avaliação do projeto, de tal forma que o gestor possa saber quando e qual será a melhor decisão a ser tomada. São vários os tipos de opções possíveis para um dado investimento. De entre os vários tipos de opções, as mais usuais são: opção de expansão ou crescimento, diferimento, interrupção numa fase intermédia, contração, interrupção da produção e abandono.

### **3.4.1 Opção de Expansão ou Crescimento**

Este tipo de opção é idêntica a uma opção de compra sobre uma parte adicional da escala do projeto, com um preço de exercício igual ao valor do investimento adicional (Copeland et al., 2000).

A opção de expansão ou crescimento surge como resposta às situações em que variáveis, como o preço, sofrem alterações que as tornam mais atrativas do que o inicialmente previsto. Esta opção é exercida quando uma empresa pretende aumentar a sua capacidade ou aspira fazer crescer o investimento.

Este tipo de opção permite a viabilização de projetos de investimento com VAL negativo, uma vez que a infraestrutura, a experiência e o possível potencial dos *outputs* gerados durante a primeira fase do projeto, podem servir para reduzir custos e alcançar melhor qualidade nas fases subsequentes. Desta forma, perante um VAL tradicional negativo, ao considerar a opção de expansão, o VAL estratégico ou expandido, que consiste na soma do VAL tradicional com o valor da opção, pode apresentar um valor positivo devido ao efeito do prémio da opção.

Myers (1977), estudou esta opção como uma opção de compra, em que o valor das oportunidades de crescimento dependia do investimento futuro efetuado pela empresa.

### **3.4.2 Opção de Diferimento**

A opção de diferimento corresponde à possibilidade de adiar a decisão de investir durante um certo período, de forma a recolher informação adicional, permitindo que a decisão de investimento seja retomada num contexto de menor incerteza.

Esta opção é exercida quando o gestor opta por adiar (diferir) a decisão sobre o investimento por um certo período de tempo, tendo o direito mas não a obrigação de efetuar o investimento no próximo período. Com esta opção o gestor pode esperar por um período específico em que os preços dos *outputs* justifiquem a construção de uma fábrica, o desenvolvimento de um ramo de negócio ou qualquer outra opção que o

projeto necessite. Assim, o gestor irá esperar e realizar o investimento somente se o valor do projeto no período seguinte exceder o investimento necessário nessa data. O valor da opção de diferimento é determinado pelo seu grau de irreversibilidade, quanto maior a irreversibilidade, maior o valor da opção de diferimento (McDonald e Siegel, 1986).

Vários são os exemplos de trabalhos que recorreram à opção de diferimento para a valorização de um projeto de investimento. Por exemplo, Paddock, Siegel e Smith (1988), aplicaram a teoria das opções financeiras à avaliação de uma concessão petrolífera, de forma a estabelecer um guia para o momento ótimo de desenvolvimento. Já Tourinho (1979) estudou a aplicação da opção de diferimento aos recursos naturais. Por sua vez, Ingersoll e Ross (1992), estudaram o efeito das taxas de juro incertas no diferimento ótimo de um investimento. Titmam (1985), desenvolveu um modelo para avaliar lotes de terreno em zonas urbanas não exploradas, o qual incorporava o valor de esperar para construir mais tarde.

### **3.4.3. Opção de Interrupção numa Fase Intermédia**

A oportunidade de investimento com opções de abandono por incumprimento, pode ser vista como uma opção de compra, onde o preço de exercício é o montante destinado à fase em que o projeto se encontra.

Estas opções são exercidas em projetos onde as despesas de investimento não se realizam de uma só vez. O faseamento da despesa de investimento ao longo do tempo cria importantes opções de incumprimento em qualquer fase do projeto.

Na generalidade, as decisões de investimento são concretizadas de uma forma sequencial, seguindo uma determinada lógica. Um exemplo, que demonstra esta afirmação é um investimento numa exploração de petróleo, onde numa primeira fase as reservas de petróleo têm que ser localizadas e numa segunda fase ter-se-á de construir as unidades de produção e os oleodutos.

Um dos exemplos de aplicação deste tipo de opção é o trabalho de Majd e Pindyck (1987), os quais desenvolveram um modelo de avaliação sequencial, onde assumem explicitamente que a concretização do investimento implica consumo de tempo.

#### **3.4.4. Opção de Contração**

A existência desta opção pressupõe a possibilidade de reduzir a produção, caso as condições de mercado se tornem mais desfavoráveis do que inicialmente esperado. Pode ser vista como uma opção de venda de parte da escala de produção do projeto, correspondendo o preço de exercício aos custos potenciais poupados (Copeland et al., 2000).

Constituem estudos de referência nesta área os trabalhos de Trigeorgis e Mason (1987), de Pindyck (1988) e de Trigeorgis (1993a e 1996).

#### **3.4.5. Opção de Interrupção da Produção**

O recurso a este tipo de opção pressupõe que as empresas não necessitam de funcionar de forma ininterrupta.

Esta opção será exercida caso as receitas não consigam cobrir os custos operacionais, o que levará à interrupção da produção de uma determinada unidade produtiva. Esta opção pode também ser utilizada para estudar o problema do investimento de uma empresa que detenha a opção de encerramento da produção, caso o custo de produção exceda as receitas.

Assim, a produção em cada período pode ser entendida como uma opção de compra sobre a aquisição dos lucros dos períodos subsequentes, sendo o preço de exercício constituído pelos custos variáveis da produção.

Um dos exemplos de aplicação deste tipo de opção é o trabalho de McDonald e Siegel (1985). Estes autores estudaram a opção de interrupção, mostrando como as técnicas de

avaliação de opções podem ser usadas para avaliar a opção de interrupção temporária da produção.

#### **3.4.6. Opção de Abandono**

A opção de abandono, como o próprio nome indica, representa a possibilidade de abandonar um projeto numa data futura. Esta opção é exercida quando a empresa opta por abandonar determinado investimento ou projeto recuperando o valor atual do ativo. Este tipo de opções foram estudadas em trabalhos tais como o de Myers e Majd (1990).

### **3.5. As Opções Reais em Projetos de Investimento**

A avaliação de projetos de investimento através da AOR é uma metodologia ainda numa fase embrionária, com diversas limitações que advém das simplificações impostas pelos pressupostos usados. No entanto, esta tem vindo a relançar um debate intenso em torno dos métodos de avaliação.

Apesar das limitações da análise, nos últimos trinta anos a AOR tem sido alvo de um considerável conjunto de publicações, estas começaram na década de 80 (vide Anexo I), mas foi a década de 90, na sequência do trabalho de McDonald e Siegel (1986), que viria a ficar marcada por uma explosão da AOR, através da publicação de dezenas de artigos em revistas internacionais (vide anexo II). Esta proliferação de artigos teve aplicação nalgumas áreas dos projetos de investimento, como no caso do setor dos transportes (Smit, 2003 e Bowe e Lee, 2004); realocização (Couto, 2006); exportação (Oliveira, 2000); tecnologia (Huisman, 2000); terrenos (Titman, 1995 e Quigg, 1993); I & D (Childs e Trianis, 1999); recursos naturais (Brennan e Schwartz, 1985; Paddock et. al., 1988; Trigeorgis 1990, Berger et. al., 1996; Moel e Tufano, 2002 e Smith, 2003); flexibilidade do processo produtivo (Kulatilaka e Marks, 1988); na alta velocidade ferroviária (Pimentel, 2009 e 2012; Couto, 2012); nos aeroportos (Pereira et al., 2006) e na energia (Masson e Baldwin, 1988).

Destas publicações, destacam-se ainda os trabalhos de Kester (1984), o qual adicionou uma perspetiva estratégica ao conceito de crescimento, Pindyck (1988), introduziu e analisou o efeito da irreversibilidade no mesmo tipo de opção. Em (1986) McDonald e Siegel, analisaram o efeito do diferimento na avaliação de opções.

Na década de 90, começaram também a surgir os manuais dedicados às opções reais, o mais conhecido, deverá ser o de Dixit e Pindyck (1994), no qual é desenvolvido um trabalho em tempo contínuo, mediante a utilização de equações diferenciais determinadas em resultado da aplicação de modelos de programação dinâmica ou de modelos de avaliação de análise de direitos contingentes. Trigeorgis (1996) apresenta um manual mais centrado para a aplicação da AOR nas decisões de natureza estratégica onde esteja presente a flexibilidade da gestão. Amran e Kulatilaka (1999b) apresentam uma perspetiva sobre os modelos de opções reais e respetivas aplicações. Outros manuais de referência são Lud e Øksendal (1991), Trigeorgis (1995 e 1999), Micalizzi e Trigeorgis (1999)

Com o início do novo século, surgiram quatro livros de coletâneas de artigos. O Compêndio de Gernadier (2000) incide na análise teórica sobre opções reais e na teoria dos jogos. Schwartz e Trigeorgis (2001), por sua vez, abordam diversas áreas das opções reais, tais como modelos básicos, estratégia e competição, avaliação de várias opções reais, aplicações e evidência empírica e técnicas numéricas. Copeland e Antikarov (2003) apresentam um trabalho, onde pretendem tornar acessível e, se possível, generalizar o uso das técnicas de AOR.

Já o manual de Paxon (2003) centra-se exclusivamente nas opções reais em investimentos de I & D. Estes manuais, reúnem uma coletânea, bastante abrangente, de artigos sobre AOR.

Em Portugal, embora o número de estudos não seja muito expressivo, existe já algum trabalho realizado. A título de exemplo refira-se os trabalhos de Silva (1997), Lopes (1999), Oliveira (2000), Felix (2002), Couto (2006), Pereira et al. (2006), Pimentel (2009), Pimentel et al. (2012) e Couto et al. (2012).

Tendo o presente trabalho, um exemplo numérico aplicado a um projeto de investimento numa infraestrutura aeroportuária, importa pois, realçar os trabalhos mais relevantes na área do setor dos transportes.

### **3.6. As Opções Reais no Setor dos Transportes**

Os investimentos em novas infraestruturas, possuem características particulares, uma vez que exigem um elevado volume de recursos. Por esse motivo sofrem grandes influências quer a nível político, quer a nível de regulamentação. Assim, é normal que projetos desta natureza possam incorporar várias opções (expansão, diferimento ou contração) as quais podem de alguma forma, proteger os investidores de possíveis perdas. Pelas razões mencionadas, este tipo de investimentos, têm sido alvo de várias publicações e estudos. Razão pela qual a presente secção irá dar um particular ênfase aos que estão relacionados com o setor dos transportes.

Smit (2003) e Pereira *et al.* (2006), são dois trabalhos empíricos que avaliam investimentos em aeroportos através da AOR. Como já foi referido anteriormente, algumas oportunidades de investimento podem gerar outras, que alteram a posição competitiva da empresa. Smit (2003) combina a AOR com a teoria dos jogos para captar o valor implícito derivado à mudança de posição da empresa na indústria onde se insere, com aplicação específica, à expansão do aeroporto de Amesterdão.

A grande contribuição do trabalho de Smit (2003) é a de avaliar as oportunidades de crescimento geradas por uma infraestrutura como um jogo de exercícios sequenciais. Em primeiro lugar é avaliado o projeto base sem oportunidades de expansão, utilizando a metodologia tradicional. Posteriormente são avaliadas as oportunidades de crescimento, num contexto competitivo com outros aeroportos europeus. Deste modo, este trabalho contribui para o preenchimento de uma lacuna na literatura relacionada com opções reais, a qual geralmente ignora a concorrência, remetendo para segundo plano a entrada de novos concorrentes no processo de avaliação. Smit (2003) considera ainda que as opções de expansão têm um maior impacto em aeroportos de maior dimensão.

Pereira *et al.* (2006) apresenta um modelo em tempo contínuo orientado, essencialmente, para avaliar a oportunidade de investimento no aeroporto de Lisboa, que incorpora a incerteza no número de passageiros e no preço da taxa aeroportuária permitindo simultaneamente a ocorrência de choques positivos e negativos no lado da procura. O modelo contempla a existência de um período de construção e a hipótese do investimento possuir uma vida útil finita.

O setor rodoviário e o setor ferroviário são também setores onde os investimentos são avultados. Rose (1998) e Brandão (2002) são exemplos, de trabalhos para estes setores. O primeiro avaliou a concessão de um investimento em infraestruturas rodoviárias considerando a existência de duas opções – opção de compra antecipada e a opção de diferimento do pagamento das *fees* (comissões/honorários) - que interagem entre si. O segundo recorre às opções reais para avaliar um projeto de concessão da construção e exploração de autoestradas no Brasil, tendo por base a metodologia de Copeland e Antikarov (2001).

Bowe e Lee (2004), Pimentel (2009), Pimentel et al (2012) e Couto (2012) desenvolveram trabalhos relativos à alta velocidade ferroviária. Os primeiros aplicam a análise numérica binomial para avaliar o projeto de investimento no comboio de alta velocidade em Taiwan, com recurso às opções de expansão, redução e diferimento e respetivas interações. Por sua vez, Pimentel (2009), Pimentel et. al. (2012) e Couto (2012) analisam o processo de tomada de decisão relativa ao momento ótimo para a implementação do investimento da alta velocidade em ambiente de incerteza, em Portugal.

### **3.7. O Momento Ótimo do Investimento e o Valor da Opção de Diferimento**

Uma das questões centrais na avaliação de projetos de investimento, consiste em saber se uma empresa deve ou não, implementar um determinado projeto e em que momento. Pois a implementação num momento que não o ótimo, pode originar a destruição de valor. Assim, determinar o momento para implementar o investimento permite analisar o contributo, que a possibilidade de diferimento possui no valor do projeto.

Neste sentido, alguns autores debruçaram-se sobre a temática do momento ótimo de investimento, pois cada vez mais é assumido que o momento ótimo pode ter um peso muito grande na tomada de decisão. McDonald e Siegel (1986), são da opinião que a decisão de investir é irreversível, enquanto, que a opção de diferir o investimento não o é. Neste artigo os autores ao avaliarem a opção de diferimento assumem que, quer o valor do projeto, quer os custos de investimento são variáveis estocásticas. Estabelecem também um conjunto de fórmulas que vão permitir ao gestor determinar o momento ótimo para realizar o projeto e para determinar o valor da perda, caso o investimento não seja realizado no momento ótimo. A conclusão retirada do trabalho é que o valor da opção de diferimento pode ter um peso significativo no valor total do projeto.

Em (1987), Majd e Pindyck apresentam um modelo capaz de determinar a política ótima em projetos que exijam investimentos faseados e sucessivos.

Assim, a importância do momento ótimo e o valor da opção de diferimento resulta da possibilidade de adiar a implementação de um investimento irreversível, permitindo beneficiar da progressiva resolução da incerteza inerente ao investimento. A decisão de diferir é reversível, uma vez que pode ser revista conforme surjam informações que possibilitem avaliar o investimento com um menor grau de incerteza.

Pindyck (1991) aborda a problemática do momento ótimo e do valor de oportunidade de investimento, usando os princípios de avaliação de opções. Este trabalho analisa de forma abrangente, o efeito da irreversibilidade e da incerteza na decisão de investir.

Em (1993) McGahan, analisa o momento ótimo num investimento em que exista incerteza acerca da procura de um novo produto no mercado, e Ingersoll e Ross (1992) e Ross (1995) estudaram o impacto da incerteza sobre as taxas de juro na decisão de investir.

Na mesma linha de pensamento Pindyck (1991), Dixit e Pindyck (1995) defendem que um projeto de investimento irreversível é semelhante a uma opção de compra, em virtude do detentor de uma opção de compra ter o direito, mas não a obrigação, de numa determinada data pagar o preço de exercício. De forma análoga o mesmo acontece com uma empresa que detenha uma oportunidade de investimento, uma vez que esta possui a

opção de investir agora ou no futuro, recebendo um ativo, o qual tem o valor determinado pelos fluxos de caixa gerados pelo projeto.

Tal como nas opções financeiras, o valor de uma oportunidade de investimento resulta, em parte, das incertezas ligadas ao valor futuro. Portanto a questão central, segundo Dixit e Pindyck (1995) é saber qual o momento certo para exercer uma opção de investimento. Para resolver esta questão torna-se necessário conhecer o impacto da incerteza no valor da opção de investir e saber o impacto da existência de concorrentes, os quais poderão levar a empresa a investir mais cedo.

Trigeorgis (1996), aponta quatro situações em que é possível sacrificar o valor da opção de diferimento, mesmo que possua valor, investindo antecipadamente:

1. O valor dos fluxos de caixa sacrificados é superior ao valor do diferimento;
2. Quando existem efeitos de experiência vantajosos para o negócio;
3. Quando se tenta prevenir e eliminar a possibilidade de entrada de concorrentes; e
4. Quando existe a criação de vantagens competitivas.

Assim, importa referir que uma correta avaliação de um projeto implica ter conhecimento de todas as oportunidades nele estão incorporadas, bem como as respetivas interações competitivas, para que o gestor possa saber quando e qual será a melhor decisão a ser tomada

### **3.8. Principais Limitações da AOR**

O interesse pelas opções reais tem sido essencialmente académico originando que as implementações práticas sejam limitadas. As razões devem-se principalmente a três fatores: à complexidade matemática dos cálculos envolvidos; à limitada compreensão de como utilizar as técnicas de avaliação e à interpretação dos resultados obtidos.

As ferramentas para avaliação de opções reais existem há pouco mais de trinta anos, sendo que o conceito de opção real terá sido inicialmente utilizado em 1977, no trabalho de Stewart Myers, como já foi referido. Assim sendo, não surpreende que a determinação do valor de uma opção continue a apresentar algumas dificuldades e

limitações. No entanto estas limitações não têm sido um impeditivo para que os trabalhos sobre opções reais tenham sido aplicados em vários setores e aspetos do processo de tomada de decisão.

No entender de Amram e Kulatilaka (1999b e 2000), quando as aplicações estão impregnadas de risco único a AOR não pode fornecer uma percepção adicional, além daquelas que são proporcionadas por outras ferramentas utilizadas no auxílio à tomada de decisão. Os autores apontam assim, várias limitações ou insuficiências a esta análise, tais como:

- Modelo de risco, assenta na presença de incerteza específica de cada negócio e refere-se à diferença na modelação da incerteza entre o modelo de avaliação e o modelo teórico correto;
- Aproximações imperfeitas, nas situações em que não se consegue obter o preço do produto comercializado, devem usar como referência o preço de um produto semelhante;
- Ausência de preços observáveis, quando os preços não estão disponíveis no mercado, como é o caso da I&D;
- Ausência de liquidez, se o volume comercializado for muito baixo, significa que qualquer quantidade transacionada pode alterar o preço;
- Risco privado, que não é mais do que o risco específico de uma empresa ou de um projeto de investimento.

Apesar destas distorções, a abordagem das opções reais conduz a melhores decisões do que as abordagens tradicionais. Estes modelos estão tornar-se mais sofisticados e as informações provenientes do mercado estão a tornar-se mais robustas.

## Capítulo 4 – Metodologia

### 4.1 Introdução

Neste trabalho argumenta-se que a avaliação de um projeto de investimento recorrendo à análise de opções reais, é um método que apresenta algumas vantagens comparativamente com o tradicional modelo dos fluxos de caixa atualizados. Mais precisamente, pretende-se analisar a política ótima de decisão de investimento no novo aeroporto. Trata-se de um exemplo característico de cálculo da opção de diferimento inerente à tomada de decisão, que consiste, essencialmente, na oportunidade de esperar para realizar o projeto.

Com efeito, perante uma oportunidade de investimento como é o caso de uma infraestrutura como a do NAL, esta pode ser vista como uma oportunidade de investimentos futuros. Como refere Myers (1987), uma vez que a fase subsequente do projeto é uma opção, e a empresa não está obrigada a realizá-la, não se consegue uma correta avaliação apenas com a estimação dos fluxos de caixa atualizados, pois a empresa só deverá continuar com o projeto se essa for a melhor decisão, caso contrário abandona-o e limita as suas perdas.

Este capítulo apresenta um modelo geral de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento, considerando que, por um lado, o valor atual dos fluxos de caixa líquidos do projeto é uma variável estocástica e segue um movimento geométrico *Browniano*, e, por outro lado, o investimento não é estocástico. Por sua vez, este modelo geral é desagregado em 3 variantes, sendo que cada uma considera uma forma diferente de definir a variável estocástica do modelo. O desenvolvimento deste modelo permite deduzir uma fórmula para calcular o valor do projeto com opção de diferimento e também determinar qual o valor anual líquido dos fluxos de caixa, para o qual é ótimo exercer a opção de diferimento, isto é, efetuar o investimento.

## 4.2 Modelo Geral de Avaliação de uma Opção de Diferimento

Um dos trabalhos de referência utilizados na valorização de uma opção de diferimento é o de McDonald e Siegel (1986). Tendo por base o modelo desenvolvido por estes autores, esta seção apresenta um modelo geral de investimento com opção de diferimento e aplica-o ao problema do investimento no NAL.

Admite-se que, numa determinada data,  $t$ , o Estado pode despendar  $I_t$ , para instalar o NAL, sendo que esse custo é irreversível. Este investimento permite obter como rendimento um montante que corresponde ao valor atual dos fluxos de caixa anuais líquidos esperados,  $V_t$ . Enquanto que no trabalho de McDonald e Siegel (1986), as duas variáveis atrás referidas,  $I_t$  e  $V_t$ , são estocásticas, no estudo desenvolvido nesta dissertação, somente  $V_t$  é considerada estocástica. Assim, esta variável evolui ao longo do tempo de acordo com um movimento geométrico *Browniano*, dado por:

$$\frac{dV}{V} = \alpha_v dt + \sigma_v dZ_v \quad (4.1)$$

Na equação (4.1) o  $\alpha_v$  e o  $\sigma_v$ , representam, respetivamente, a taxa de crescimento esperada e o desvio padrão, relativos ao valor atual, em tempo contínuo, dos fluxos de caixa líquidos anuais, por sua vez  $dZ_v$  é o processo de *Wiener* padrão.

Como foi referido, e recorrendo a um procedimento idêntico ao que foi utilizado em Pereira *et al.* (2006), assume-se que o custo do investimento é não estocástico e conhecido em  $t = 0$ , não existindo assim razão para uma análise mais detalhada desta variável. Neste contexto, o investimento é designado por  $I$ . Deste modo, considera-se que a incerteza, inerente a um projeto de investimento com as características do novo aeroporto de Lisboa, está patente nos fluxos de caixa por passageiro e no número de passageiros.

Na sequência do anteriormente referido, o modelo de McDonald e Siegel (1986) permite obter o momento ótimo do investimento e o valor do projeto com opção de diferimento.

Através do cálculo do momento ótimo do investimento, é possível determinar o valor anual crítico dos fluxos de caixa líquidos. Trata-se do valor, a partir do qual, o projeto já

é rentável, pelo que o investimento já deve ser realizado. O problema do momento ótimo do investimento consiste em encontrar um número  $C_t^*$ , para qualquer data  $t$ , de forma que o investimento é realizado se:

$$\frac{V_t}{I} \geq C_t^*, \text{ com } t \in [0, T] \quad (4.2)$$

Repare-se que  $C_t^*$  é escolhido tal que maximiza, no momento zero, o valor atual esperado do projeto, dado por:

$$V_t - I \quad (4.3)$$

Por exemplo, considere-se um projeto cuja oportunidade de investimento termina em  $T$ . Neste caso, o investimento será realizado se  $V_T > I$ , ou seja desde que o rendimento obtido com o projeto seja superior ao custo do investimento. Deste modo,  $C_t^* = 1$ , constitui uma fronteira em  $T$ , sendo o valor mais baixo que este termo pode assumir. O mesmo raciocínio é utilizado para uma data anterior a  $T$ . Assim, para qualquer data  $t$ , é possível derivar um  $C_t^*$  tal que, se a oportunidade de investimento não foi ainda exercida, será ótimo realizar o investimento quando se verifica (4.2). Sendo assim o investimento é realizado quando:

$$\frac{V_t}{I} = C_t^* \quad (4.4)$$

Logo, recorrendo a (4.3) e (4.4), o valor atual líquido do projeto é dado por:

$$I(C_t^* - 1) \quad (4.5)$$

No seguimento do anteriormente exposto, e considerando que  $t'$  é a data em que, pela primeira vez,  $\frac{V_t}{I} = C_t^*$ , o valor do projeto com opção de diferimento do investimento, reportado ao momento zero, é dado por:

$$X(T) = E_0[e^{-\mu t'}(V_{t'} - I)] \quad (4.6)$$

Onde,  $\mu$  é a taxa de juro utilizada na atualização em tempo contínuo dos fluxos de caixa esperados do projeto.

Após algumas transformações algébricas, deduzidas em McDonald e Siegel (1986), o valor do projeto com opção de diferimento,  $X$ , apresentado em (4.6), passa a ter a seguinte configuração:

$$X = (C^* - 1)I \left( \frac{V_0/I}{C^*} \right)^\varepsilon \quad (4.7)$$

Sendo que:

$$C^* = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (4.8)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\delta_F - \delta_V}{\sigma_V^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_V^2}} + \left( \frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_V}{\sigma_V^2} \right) \quad (4.9)$$

$$V_0 = \frac{V^*(1 - e^{(-\delta_V \times (m-n))})e^{(-\delta_V \times n)}}{\delta_V} \quad (4.10)$$

Onde,  $V_0$ , corresponde ao valor atual dos fluxos de caixa do projeto no momento zero,  $V^*$ , indica o valor médio anual líquido dos fluxos de caixa do projeto,  $\delta_F$ , representa a taxa de juro sem risco,  $\delta_V$ , representa a taxa de rendimento de equilíbrio menos a taxa de crescimento do valor anual líquido dos fluxos de caixa do projeto,  $\sigma_V$ , é a volatilidade do valor anual líquido dos fluxos de caixa do projeto,  $m$ , indica o número total de anos do projeto e,  $n$ , diz respeito ao número de anos de construção.

É de salientar que o valor do projeto com opção de diferimento é determinado através da equação (4.7) e o valor do projeto sem opção, também conhecido como valor atual líquido estático, é obtido através da equação (4.10) menos o montante do investimento. Assim o valor da opção de diferimento é dado pela diferença entre (4.7) e (4.10).

Por sua vez, através de (4.8) é possível determinar o valor anual crítico do fluxo de caixa líquido para o qual é ótimo exercer a opção de diferimento, isto é, determinar  $V^*$  para o qual o investimento já deve ser realizado. Neste âmbito, e recorrendo a (4.4), no momento ótimo do investimento, vem:

$$V_0 = C^* \times I \quad (4.11)$$

Então substituindo o valor  $V_0$ , obtido em (4.11), na equação (4.10) e resolvendo-a em ordem a  $V^*$ , obtém-se o valor anual crítico do fluxo de caixa líquido.

O modelo geral de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento, apresentado nesta seção, pode ser objeto de algumas variantes, com a finalidade de ter aplicação a um projeto de investimento com características semelhantes ao do novo aeroporto de Lisboa. Assim, na seção seguinte deste capítulo, são apresentados 3 modelos alternativos de valorização de um projeto na área dos transportes, com opção de diferimento.

### 4.3 Variantes do Modelo Geral

Nesta parte do trabalho são definidas três variantes ao modelo geral, seguindo Pereira *et al.* (2006). Todas as variantes consideram que o valor anual do fluxo de caixa líquido do projeto corresponde ao produto entre o número de passageiros por ano,  $x$ , e o fluxo de caixa anual líquido por passageiro,  $R$ . A principal diferença, entre as variantes, reside na forma como são definidas as variáveis,  $x$  e  $R$ . A variante mais simples é apresentada no modelo A em que apenas o número de passageiros é estocástico. No modelo B considera-se que o número de passageiros é estocástico e o fluxo de caixa anual por passageiro cresce de forma determinística. Por fim, no modelo C, são assumidos dois fatores estocásticos,  $x$  e  $R$ .

#### 4.3.1 Modelo A: Um Fator Estocástico

Nesta hipótese, somente o número de passageiros por ano,  $x$ , é uma variável estocástica. Seguindo trabalhos como Pereira *et al.* (2006) e Pimentel *et al.* (2012), considera-se que a variável  $x$  segue um movimento geométrico *Browniano*, dado por:

$$\frac{dx}{x} = \alpha_x dt + \sigma_x dZ_x \quad (4.12)$$

Na equação (4.12) o  $\alpha_x$  e o  $\sigma_x$ , representam, respetivamente, a taxa de crescimento esperada e o desvio padrão, relativos ao número anual de passageiros, e,  $dZ_v$ , é o processo de *Wiener* padrão.

Tendo por base este pressuposto, as fórmulas apresentadas no modelo geral sofrem algumas adaptações. Assim, as equações (4.7), (4.8), (4.9) e (4.10) passam a ter a seguinte configuração:

$$X^A = (C^{*A} - 1)I \left( \frac{V_0^A/I}{C^{*A}} \right)^\varepsilon \quad (4.13)$$

Sendo que:

$$C^{*A} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (4.14)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\delta_F - \delta_x}{\sigma_x^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_x^2}} + \left( \frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_x}{\sigma_x^2} \right) \quad (4.15)$$

$$V_0^A = \frac{x \times R(1 - e^{(-\delta_x \times (m-n))})e^{(-\delta_x \times n)}}{\delta_x} \quad (4.16)$$

As equações anteriores permitem determinar o valor do projeto com opção de diferimento, tendo por base os pressupostos definidos para o modelo A. Saliente-se que a maioria das variáveis subjacentes às equações já foram definidas anteriormente, no entanto existem variáveis que surgem agora pela primeira vez. Assim, tem-se,  $V_0^A - I$ , corresponde ao valor atual líquido do projeto sem opção de diferimento,  $\delta_x$ , representa a taxa de rendimento de equilíbrio menos a taxa de crescimento do número de passageiros por ano e,  $\sigma_x$ , indica a volatilidade do número de passageiros por ano.

Nesta variante do modelo, uma vez que a única variável corresponde ao número de passageiros por ano, torna-se útil determinar o número crítico de passageiros, a partir do qual já é rentável avançar com o projeto. Este cálculo é efetuado de modo similar ao que

foi apresentado no modelo geral para o valor crítico do fluxo de caixa líquido anual. De (4.11), vem:

$$V_0^A = C^{*A} \times I \quad (4.17)$$

Então substituindo o valor  $V_0^A$ , obtido em (4.17), na equação (4.16) e resolvendo-a em ordem a  $x$ , obtém-se o número crítico de passageiros.

### 4.3.2 Modelo B: Um Fator Estocástico e um Fator Determinístico

Nesta variante ao modelo geral, considera-se que o número de passageiros por ano,  $x$ , é uma variável estocástica e segue o movimento geométrico *Browniano* definido em (4.12). Por sua vez, o fluxo de caixa anual líquido por passageiro,  $R$ , cresce de uma forma determinística, isto é, tem volatilidade igual a zero.

Para o cálculo do valor do projeto com opção de diferimento é necessário fazer alguns ajustamentos às fórmulas anteriormente apresentadas. Deste modo, ao considerar que a variável fluxo de caixa anual líquido por passageiro, cresce de uma forma determinística, é introduzida uma nova variável,  $\delta_{xR}$ , que corresponde à taxa de equilíbrio menos a taxa de crescimento do número de passageiros por ano e menos a taxa de crescimento do fluxo de caixa anual líquido por passageiro. Esta alteração tem implicações no valor atual dos fluxos de caixa do projeto sem opção, dado por (4.21), e também no valor do projeto com opção de diferimento, obtido através de (4.18):

$$X^B = (C^{*B} - 1)I \left( \frac{V_0^B/I}{C^{*B}} \right)^\varepsilon \quad (4.18)$$

Sendo que:

$$C^{*B} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (4.19)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\delta_F - \delta_{xR}}{\sigma_x^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_x^2}} + \left( \frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_{xR}}{\sigma_x^2} \right) \quad (4.20)$$

$$V_0^B = \frac{x \times R(1 - e^{(-\delta_{xR} \times (m-n))})e^{(-\delta_{xR} \times n)}}{\delta_{xR}} \quad (4.21)$$

Neste caso, como são consideradas duas variáveis,  $x$  e  $R$ , já é possível determinar o valor anual crítico dos fluxos de caixa líquidos totais. O processo de cálculo é semelhante ao apresentado anteriormente com as devidas adaptações aos pressupostos desta variante do modelo. Assim:

$$V_0^B = C^{*B} \times I \quad (4.22)$$

Com a determinação de  $V_0^B$ , através de (4.22), recorre-se à equação (4.21) e resolve-se a mesma em ordem a  $(x \times R)$ , que representa o valor anual crítico dos fluxos de caixa líquidos totais.

#### 4.3.3 Modelo C: Dois Fatores Estocásticos

Trata-se da variante mais complexa, uma vez que são consideradas duas variáveis estocásticas: o número de passageiros por ano,  $x$ , e o fluxo de caixa anual líquido por passageiro,  $R$ . De acordo com Pereira *et. al.* (2006),  $R$  também segue um movimento geométrico *Browniano*, dado por:

$$\frac{dR}{R} = \alpha_R dt + \sigma_R dZ_R \quad (4.23)$$

Na equação (4.23) o  $\alpha_R$  e o  $\sigma_R$ , representam, respetivamente, a taxa de crescimento esperada e o desvio padrão, relativos ao fluxo de caixa líquido anual por passageiro, e,  $dZ_R$ , é o processo de *Wiener* padrão.

Sendo  $x$  e  $R$  variáveis estocásticas, o seu produto, que corresponde ao valor líquido do fluxo de caixa anual total, também será estocástico. Assim:

$$P(x, R) = xR \quad (4.24)$$

Mais uma vez, para determinar o valor do projeto com e sem opção de diferimento, são necessários novos ajustes:

$$X^C = (C^{*C} - 1)I \left( \frac{V_0^C/I}{C^{*C}} \right)^\varepsilon \quad (4.25)$$

Sendo que:

$$C^{*C} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (4.26)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\delta_F - \delta_P}{\sigma_P^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_P^2} + \left( \frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_P}{\sigma_P^2} \right)} \quad (4.27)$$

$$V_0^C = \frac{P(1 - e^{(-\delta_P \times (m-n))})e^{(-\delta_P \times n)}}{\delta_P} \quad (4.28)$$

Relativamente às equações (4.27) e (4.28),  $\delta_P$ , tem o significado apresentado no modelo B, isto é,  $\delta_P = \delta_{xR}$ . A outra variável que é introduzida neste modelo,  $\sigma_P^2$ , corresponde à variância do valor líquido do fluxo de caixa anual total, sendo determinada como:

$$\sigma_P^2 = \sigma_x^2 + \sigma_R^2 + 2\rho\sigma_x\sigma_R \quad (4.29)$$

Uma vez que o coeficiente de correlação, representado por  $\rho$ , entre as duas variáveis é igual a zero, vem:

$$\sigma_P^2 = \sigma_x^2 + \sigma_R^2 \quad (4.30)$$

Definidas todas as novas variáveis do modelo C, é possível obter o valor do projeto sem opção de diferimento, dado por (4.28) menos o montante do investimento. Este valor é exatamente o mesmo que foi obtido no modelo B. Por sua vez, a equação (4.25), permite determinar o valor do projeto com opção de diferimento, valor que difere do obtido no modelo B, porque neste caso são consideradas duas variáveis estocásticas.

Quanto ao valor anual crítico dos fluxos de caixa líquidos totais, neste modelo também tem um valor diferente do obtido anteriormente, devido à existência de duas variáveis estocásticas. Assim:

$$V_0^C = C^{*C} \times I \quad (4.31)$$

Após resolver a equação (4.31), substitui-se o respetivo valor em (4.28), o que permite determinar o valor de  $P$  crítico, isto é o valor anual crítico dos fluxos de caixa líquidos totais.

O recurso a estas fórmulas permite determinar o valor de um projeto de investimento com opção de diferimento, tendo por base um conjunto de pressupostos. Assim, considera-se que os fluxos de caixa do projeto são obtidos com base em variáveis (estocásticas e determinísticas) e que o valor do investimento é fixo. Mais, pressupõe-se que as variáveis estocásticas seguem um movimento geométrico *Browniano*. É ainda possível, obter o valor crítico para as variáveis do modelo, isto é, o valor a partir do qual é ótimo exercer a opção de diferimento, ou seja avançar com o projeto.

Os resultados obtidos com o exemplo numérico permitem concluir que o modelo aqui proposto apresenta resultados que são coerentes com a realidade financeira. Assim, para as três variantes do modelo, o valor da opção de diferimento é positivo. Por outro lado, como o VAL tradicional do projeto é negativo, o valor crítico do número de passageiros e do fluxo de caixa anual gerado com o projeto apresenta sempre um valor superior ao valor base utilizado para estas duas variáveis. Tal significa que o projeto só é viável se o número de passageiros e o fluxo de caixa anual gerado sofrer um acréscimo relativamente aos valores considerados no presente.

Através do modelo apresentado é ainda possível verificar qual o impacto que alterações nas diversas variáveis do modelo têm no valor do projeto e no momento ótimo de avançar com o investimento. Assim, ao serem consideradas diversas alterações ao cenário base, verificou-se que os resultados obtidos fazem sentido do ponto de vista económico e financeiro.

## Capítulo 5 – Exemplo Numérico

### 5.1 Introdução

No capítulo anterior foram desenvolvidas as fórmulas gerais que permitem avaliar a opção de diferimento, assim como obter dados para a estimação do momento ótimo de implementação do projeto.

Este capítulo tem como principal objetivo mostrar a aplicabilidade, das fórmulas gerais apresentadas no capítulo anterior, a um projeto como o da construção de um novo aeroporto em Lisboa. A fundamental relevância que um projeto como o da construção de um novo aeroporto tem para o País, a necessidade de modernizar e dinamizar o setor, o avultado investimento necessário e a limitada capacidade financeira do Estado, associados à indefinição sobre o momento de implementação, formam um cenário oportuno para o estudo da opção de diferimento e do momento ótimo de implementação de um investimento desta natureza.

Enumeram-se de seguida os diversos pontos abordados no presente capítulo. Após a introdução, são caracterizados e definidos os valores dos parâmetros que são utilizados no modelo. Na secção seguinte, calcula-se o valor do projeto com opção de diferimento e os valores críticos das variáveis do modelo. Estes cálculos são efetuados para um “cenário base” e posteriormente são estudadas as implicações que eventuais variações nos parâmetros do modelo têm no valor do projeto e no valor crítico das variáveis.

### 5.2 Caracterização e Valores dos Parâmetros

Para a prossecução dos objetivos estabelecidos e desenvolvimento do modelo, são assumidas as variáveis estocásticas: a procura pelo NAL (número de passageiros) e o fluxo de caixa gerado por passageiro. A definição dos parâmetros implica assumir que determinados pressupostos constituirão o chamado “cenário base”. Pressupostos que resultarão de uma análise sustentada na informação histórica e nas perspetivas de

evolução do tráfego aéreo. A definição do cenário base irá servir de base para sustentar a decisão de implementar ou não o investimento, mas principalmente para avaliar a opção de diferimento.

Para o “cenário base”, irá ser considerado uma concessão de 40 anos. Os pressupostos levados em consideração para a determinação das variáveis, foram essencialmente a informação histórica.

Considere-se a Tabela 1 que apresenta os valores para os parâmetros do modelo, reportados a 2010.

**Tabela 5.1.** Valores dos parâmetros para a construção de um aeroporto com concessão de 40 anos

Parâmetros	Designação	Valor
$x$	Movimento de passageiros anual	14,08 M€
$R$	Fluxo de caixa gerado por passageiro	8,7 €
$P$	Fluxo de caixa total anual	122,496 M€
$I$	Valor atualizado das despesas de investimento	5 211,5 M€
$k$	Taxa de rendimento de equilíbrio	0,0773
$\delta_F$	Taxa de juro sem risco	0,03721
$\alpha_x$	Taxa de crescimento do $x$	0,047
$\sigma_x$	Desvio padrão de $x$	0,0496
$\alpha_R$	Taxa de crescimento esperada para o $R$	0,01
$\sigma_R$	Desvio padrão de $R$	0,023
$\rho$	Correlação entre as duas variáveis estocásticas	0
$n$	Número de anos de construção	7
$m$	Duração da concessão	40

De seguida justifica-se a forma como os dados da Tabela 1 foram obtidos.

## **Taxa de rendimento de equilíbrio**

Para a determinação da taxa de equilíbrio, utilizou-se o Guia de Análise Custo - Benefício de Projetos de Investimentos da UE<sup>7</sup>, o qual sugere, uma taxa de desconto real de 5% para este exercício de análise financeira. Dado que o exercício de avaliação é feito a preços correntes, teve que se utilizar a taxa de inflação 2,6%, constante no anexo B do citado guia, para se obter a taxa nominal de 7,73%.

## **Taxa de juro sem risco**

Para a determinação da taxa de juro sem risco usou-se a taxa de juro das obrigações europeias de *rating* AAA<sup>8</sup> com maturidade a 30 anos (YTM – *yield-to-maturity*), conjuntamente com a YTM das obrigações francesas a 30 e a 50<sup>9</sup> anos.

A razão de recorrer à YTM francesa, foi a necessidade de obter o valor da YTM a 40 anos, duração do projeto. Assim, por interpolação linear estimou-se a *yield curve* a 40 anos para as obrigações europeias AAA. Para tal assumiu-se que o *credit spread* observado entre as obrigações europeias AAA e as francesas se manteria para o prazo estimado.

## **Evolução do tráfego aéreo**

Para a determinação da variável  $x$ , que corresponde á evolução do tráfego aéreo, i.e., representa o número de passageiros, usou-se os dados disponíveis nos relatórios anuais da ANA<sup>10</sup>. A média e a taxa de crescimento foram estimados com base nos valores

---

<sup>7</sup> European Commission, DG Regional Policy, Guide to cost-benefit analysis of investment projects, 2008.

<sup>8</sup> Os valores das YTM de AAA-rated Euro Zone, foram obtidas em [www.ecb](http://www.ecb), em 30/7/2012.

<sup>9</sup> Os valores das YTM Francesa foram obtidos em [www.forexpros-com](http://www.forexpros-com), em 30/7/2012.

<sup>10</sup> Relatórios anuais de estatísticas de tráfego, publicados pela ANA – Aeroportos de Portugal

fornecidos nesses relatórios e o desvio padrão foi calculado com recurso à volatilidade histórica. A variável  $x$ , incorpora os passageiros comerciais e não comerciais. Nos comerciais estão incluídos os passageiros Schengen, não Schengen, internacionais, trânsitos e alguns passageiros que utilizam os táxis aéreos. Os não comerciais incluem os passageiros de voos privados e também de alguns táxis aéreos. Esta pequena distinção nos passageiros, tem algum significado, pois está interligada com a outra variável, o fluxo de caixa gerado por passageiro

### **Evolução do fluxo de caixa gerado por passageiro**

Para a determinação dos fluxos de caixa gerados por passageiro  $V$  usou-se os dados disponíveis nos guias de taxas de 2010<sup>11</sup> e respetivas portarias regulamentares, uma vez que esta variável foi estimada desde 2005. A média, e a taxa de crescimento foram calculadas com base nos valores mencionados nos guias de taxas. Tal como para o  $x$ , o desvio padrão foi calculado através da volatilidade histórica.

Importa referir que estas taxas, são referentes aos passageiros Schengen, não Schengen e Internacionais, não levando em consideração os passageiros dos táxis aéreos e dos voos privados. Estes dois últimos não estão diferenciados nos relatórios anuais de estatística de tráfego, estando inseridos na categoria dos passageiros não comerciais. Esta diferença, explica a diferença evidenciada nos relatórios entre o total comercial e o total geral. Embora a diferença não seja significativa a mesma deveria ficar anotada.

Os guias de taxas, citam ainda outras taxas que por falta de dados concretos, são difíceis de imputar aos passageiros. Estas dizem respeito à taxa cobrada aos passageiros de mobilidade reduzida e à isenção em vigor para passageiros com idade inferior a dois anos. Como os dados sobre estes passageiros não se encontravam disponíveis, os mesmos não foram considerados para o estudo. Uma outra taxa mencionada é a de segurança, no entanto essa taxa, embora seja cobrada pela ANA, é entregue ao Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC). As taxas referentes às aeronaves e à utilização de

---

<sup>11</sup> O Guia de taxas é publicado pela ANA – Aeroportos de Portugal

ponte telescópica “manga”, também não foram tidos em consideração, uma vez que o fluxo de caixa gerado por passageiro é que é assumido como variável estocástica.

## **Investimento**

O valor de 5211.5 M€ referente ao investimento foi obtido a partir dos 4926.6 M€ mencionados no estudo do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) capitalizados à taxa de inflação referente aos anos de 2007 até 2010<sup>12</sup>, correspondendo a 2.5%, 2.6%, -0.8% e 1.4% respetivamente.

## **Concessão**

Para a determinação do prazo de concessão, consideraram-se os prazos definidos no Decreto-Lei 33/2010, o qual prevê um período de 40 anos com possibilidade de 10 anos de prorrogação. Deste modo, iremos considerar estes dois cenários,  $m = 40$  e  $m = 50$ . Quanto ao período de construção foram considerados 7 anos<sup>13</sup> para a construção do *airside*, terminal e outras infraestruturas.

### **5.3 Avaliação do Investimento no NAL**

A avaliação do investimento no NAL e respetiva análise de sensibilidade, quando se considera o prazo de concessão de 40 anos, é elaborada com recurso aos modelos e fatores estocásticos definidos anteriormente. Posteriormente a avaliação e respetiva análise será alargada ao cenário onde é considerado a prorrogação máxima do prazo de concessão, ou seja, 50 anos.

---

<sup>12</sup> Fonte Pordata

<sup>13</sup> ISEG – Universidade Técnica de Lisboa, Avaliação Financeira das Alternativas de Localização para o Novo Aeroporto de Lisboa

A Tabela 2 apresenta os resultados da avaliação do investimento na construção do NAL, utilizando os valores do caso base constantes da Tabela 1, quando se considera uma concessão circunscrita aos 40 anos.

**Tabela 5.2.** Resultados da avaliação do projeto de construção do novo aeroporto com concessão a 40 anos

Output	Designação	Modelo A	Modelo B	Modelo C
$x^*$	Número crítico de passageiros	48,86 M		-
$P^*$	Valor crítico do movimento de caixa anual total	-	386,60 M€	391,04 M€
X	Valor do projeto com opção	20,75 M€	111,01 M€	118,62 M€
$V_0 - I$	Valor do projeto hoje (sem opção)	-3144,50 M€	-2655,59 M€	-2655,59 M€
$X - (V_0 - I)$	Valor da opção de diferimento	3165,25 M€	2766,60 M€	2774,21 M€

Os valores da Tabela 1 são obtidos recorrendo às fórmulas que foram desenvolvidas no capítulo anterior. Assim o número crítico de passageiros foi obtido recorrendo às equações (4.16) e (4.17). O valor crítico do movimento de caixa anual total foi obtido através de (4.21) e (4.22), para o modelo B, e de (4.28) e (4.31) para o modelo C. Por sua vez, o valor do projeto com opção de diferimento foi calculado com base em (4.13) para o modelo A, (4.18) para o modelo B e (4.25) para o modelo C. Quanto ao valor atual líquido sem opção de diferimento, para o modelo A foi utilizada a equação (4.16), para o modelo B recorreu-se à equação (4.21) e para o modelo C utilizou-se a equação (4.28). Por último, o valor da opção de diferimento resulta da diferença entre  $X$  e  $V_0$ .

Embora o projeto não deva ser implementado de imediato, em virtude de apresentar VAL negativo para os três modelos em análise, no entanto, este também não deverá ser abandonado, uma vez que existe incerteza quanto ao número de passageiros que irão utilizar o novo NAL, pois as previsões de crescimento de voos e do número de

passageiros são incertas. Esta incerteza está patente nos 3 modelos apresentados, uma vez que o número de passageiros é sempre considerado uma variável estocástica. Mais, para os modelos B e C, também é considerada outra variável, o fluxo de caixa anual por passageiro, sendo que no modelo C essa variável também é estocástica. Assim, à medida que o número de variáveis estocásticas aumenta, maior é a incerteza associada ao modelo, pelo que maior é o valor do projeto com opção de diferimento, tendo um valor de 20,75M€ para o modelo A, um valor de 111,01M€ para o modelo B e um valor de 118,62M€ para o modelo C. Quanto à diferença nos valores do VAL, têm a ver com a taxa de desconto que foi utilizada, sendo que no caso dos modelos B e C, que assumem a existência de duas variáveis, foi aplicada uma taxa inferior, pois à taxa de equilíbrio foi retirada a taxa de crescimento das duas variáveis dos modelos. Já para o modelo C, para obter a taxa de atualização, à taxa de equilíbrio só foi subtraída a taxa de crescimento do número de passageiros, única variável deste modelo<sup>14</sup>. Por sua vez, o valor da opção de diferir a implementação do projeto é valorizada em 3165,25 M€ para o modelo A (projeto que tem menor incerteza associada porque só considera uma variável estocástica) e em 2766,60 M€ e 2774,21 M€, para os modelos B e C respetivamente.

No que diz respeito ao momento ótimo de avançar com o projeto, considerando os pressupostos do modelo A, a construção do NAL deveria ser iniciada, apenas quando o nível de procura atingisse os 48,86 milhões de passageiros. Caso se considerem as duas variáveis (número de passageiros e fluxo de caixa gerado por passageiro), o investimento deveria ser realizado, quando o fluxo de caixa anual total atingisse os 386,60M€ (no caso do número de passageiros ser a única variável estocástica), ou quando este mesmo fluxo de caixa alcançasse os 391,04M€ (no caso de se considerarem as duas variáveis estocásticas).

Ao considerar-se o período de concessão, de 50 anos, prazo máximo definido, considerando a prorrogação estipulada no decreto-lei. Os parâmetros que sofrem alteração são a duração da concessão ( $m = 50$ ) e a taxa de juro sem risco, que passa a ser  $\delta_F = 3,786\%$ .

---

<sup>14</sup> Procedimento idêntico foi utilizado em Pereira *et al.* (2006)

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação do investimento do NAL, relativo aos valores constates na Tabela 1, mas considerando as duas alterações que o modelo inicial sofre, i.e., no  $m$  e no  $\delta_F$ .

**Tabela 5.3.** Resultados da avaliação do projeto de construção do novo aeroporto com concessão a 50 anos

Output	Designação	Modelo A	Modelo B	Modelo C
$x^*$	Número crítico de passageiros	42,93 M	-	-
$P^*$	Valor crítico do movimento de caixa anual total	-	325,65 M€	329,29 M€
X	Valor do projeto com opção	39,50 M€	186,74 M€	197,09 M€
$V_0 - I$	Valor do projeto hoje (sem opção)	-2830,00 M€	-2163,39 M€	-2163,39 M€
$X - (V_0 - I)$	Valor da opção de diferimento	2869,50 M€	2350,13 M€	2360,48 M€

Os resultados foram obtidos utilizando as fórmulas que foram referidas aquando da apresentação da Tabela 2. O valor do projeto com e sem opção de diferimento na Tabela 3 é superior ao obtido na Tabela 2, uma vez que aumenta o período de concessão do aeroporto, mantendo-se o montante do investimento inicial. Situação inversa, verifica-se no caso dos valores críticos (número de passageiros e fluxo de caixa anual total), onde é registada uma diminuição nos valores na Tabela 3 comparativamente com a Tabela 2. Para este facto contribui, mais uma vez, o aumento do período de concessão.

Quanto às diferenças registadas entre modelos, para o mesmo *output*, verifica-se comportamento idêntico nas Tabelas 2 e 3.

A Tabela 4 apresenta a relação existente entre as possíveis variações (positivas e negativas) nas variáveis do modelo e o modo como estas influenciam os *outputs*.

Saliente-se que na análise não se considera a variação em mais do que uma variável ao mesmo tempo. Por exemplo, quando se pretende saber qual o impacto que uma variação na taxa de rendimento de equilíbrio,  $k$ , tem no número crítico de passageiros,  $x^*$ , considera-se que todas as outras variáveis não sofreram qualquer variação.

**Tabela 5.4.** – Relação entre variações nas variáveis e *outputs*

		$x^*$	$P^*$	X	$V_0 - I$	$X - (V_0 - I)$
$k$	Aumenta	Aumenta	Aumenta	Diminui	Aumenta	Aumenta
	Diminui	Aumenta	Diminui	Aumenta	Diminui	Diminui
$\delta_F$	Aumenta	Aumenta	Aumenta	Aumenta	=	Aumenta
	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui	=	Diminui
$\alpha_R$	Aumenta	Aumenta	Diminui	Aumenta	Diminui	Diminui
	Diminui	Aumenta	Aumenta	Diminui	Aumenta	Aumenta
$\sigma_R$	Aumenta	Aumenta	Aumenta	Aumenta	=	Aumenta
	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui	=	Diminui
$\alpha_x$	Aumenta	=	Diminui	Aumenta a) <sup>15</sup>	Diminui a)	Diminui a)
	Diminui	=	Aumenta	Diminui a)	Aumenta a)	Aumenta a)
$\sigma_x$	Aumenta	=	Aumenta b)	Aumenta b) <sup>16</sup>	=	Aumenta b)
	Diminui	=	Diminui b)	Diminui b)	=	Diminui b)

<sup>15</sup> a) Com variações de  $\alpha_R$  as variações constantes do quadro 4. São válidas apenas para os modelos B e C, mantendo-se constantes para o modelo A.

<sup>16</sup> b) Com variações de  $\sigma_R$  as variações constantes do quadro 4. São válidas apenas para os modelos C, mantendo-se constantes para o modelo B e C.

Embora a análise que se segue tenha sido elaborada, em termos de variações nos *inputs*, para a concessão a 40 anos, a extrapolação para a concessão a 50 anos também é válida, conforme consta na tabela 4. De facto podemos verificar o seguinte:

- Fluxo de caixa gerado por passageiro – Se aumentar, por exemplo para 9€, o nível crítico do número de passageiros diminui para 47,24M, o valor crítico do movimento de caixa anual mantinha-se, o valor do projeto com opção de diferimento aumentava, o VAL e o valor da opção diminuía. No caso do fluxo de caixa diminuir, por exemplo para 8€, com exceção do valor crítico do movimento de caixa anual, que se mantinha igual, todos os outros *outputs* tinham o comportamento inverso.
- Movimento anual de passageiros – Caso fosse mais baixo, por exemplo 13M, os *outputs* que sofrem alterações são: o valor do projeto com opção de diferimento que desce e quer o VAL quer o valor da opção aumentam. No caso de aumentar para 15M, os *outputs* comportam-se em sentido inverso.
- Taxa de rendimento de equilíbrio – Na hipótese desta aumentar, por exemplo para 9%, com a exceção do valor do projeto com opção de diferimento que diminui, todas os outros *outputs* sofrem aumentos significativos. No entanto, caso desça para, por exemplo para 6,5%, sobe o valor do projeto com opção de diferimento e o nível crítico da procura, sendo que todos os outros *outputs* diminuem.
- Taxa de juro sem risco – Com uma subida, por exemplo para 5%, todos os *outputs* sofrem aumentos, exceto o VAL dos três modelos, que se mantêm constante, na hipótese de descer para 3%, o efeito é inverso mantendo-se o VAL igualmente constante para os três modelos.
- Taxa de crescimento da procura – Se esta passar, por exemplo para 5%, os *outputs* que registam aumentos são: o nível crítico da procura e o valor do projeto com opção de diferimento, caso esta taxa desça, por exemplo para 4%, o valor do projeto com opção de diferimento desce, mas todos os outros sofrem incrementos positivos.
- Desvio padrão da procura – Quando esta variável sofre um aumento, por exemplo para 5,5%, excetuando o VAL, que se mantêm constante para os três

modelos, os outros *outputs* aumentam, caso a variável desça, por exemplo para 4%, o efeito é inverso, sendo que o VAL continua inalterado.

- Taxa de crescimento do fluxo de caixa gerado por passageiro – No caso de esta variável crescer, por exemplo para 1,5%, o nível crítico da procura mantém-se constante o valor do projeto com opção de diferimento sobe e os outros *outputs* diminuem, quando desce, por exemplo para 1%, o efeito é precisamente o contrário, a exceção é feita para o modelo A que não sofre alterações, quer nas subidas quer nas descidas.
- Volatilidade do fluxo de caixa gerado por passageiro – No caso de sofrer alterações, por exemplo para 3%, o modelo A e B ficam inalterados, sendo que no modelo C o VAL permanece constante e os outros *outputs* sofrem aumentos. No caso do desvio padrão diminuir o efeito é o contrário, sendo que, também só é válido para o modelo C, no qual o VAL também permanece igual, pois os modelos A e B mantêm-se sem alterações.

As variáveis que não estão mencionadas na tabela 4 são a concessão e o número de anos de duração da construção. No entanto, em qualquer dos cenários, no que respeita ao número de anos da concessão, o único parâmetro que sofre um acréscimo, em todos os modelos, é o do valor do projeto com opção de diferimento, todos os outros diminuem. Esta ilação poderia ser lida através dos resultados que advêm da avaliação efetuada para as duas concessões. Embora da tabela 2 para a 3, a taxa de juro sem risco, também sofra alteração, o resultado já deixava antever que o valor do projeto com opção de diferimento seria o único parâmetro com alterações. Quanto ao número de anos de construção, quanto maior for o número de anos de construção, menor será o valor do projeto com opção de diferimento, todos os outros *outputs* aumentam, quando o número de anos desce o efeito é análogo, ou seja, o valor do projeto com opção de diferimento aumenta e tudo o resto diminui.

Os resultados obtidos com o exemplo numérico permitem concluir que o modelo aqui proposto apresenta resultados que são coerentes com a realidade financeira. Assim, para as três variantes do modelo, o valor da opção de diferimento é positivo. Por outro lado, como o VAL tradicional do projeto é negativo, o valor crítico do número de passageiros e do fluxo de caixa anual gerado com o projeto apresenta sempre um valor superior ao

valor base utilizado para estas duas variáveis. Tal significa que o projeto só é viável se o número de passageiros e o fluxo de caixa anual gerado sofrer um acréscimo relativamente aos valores considerados no presente.

Através do modelo apresentado é ainda possível verificar qual o impacto que alterações nas diversas variáveis do modelo têm no valor do projeto e no momento ótimo de avançar com o investimento. Assim, ao serem consideradas diversas alterações ao cenário base, verificou-se que os resultados obtidos fazem sentido do ponto de vista económico e financeiro.

## Capítulo 6 - Conclusões

A presente dissertação é composta por um capítulo introdutório onde é feita a contextualização geral da dissertação, referindo que, comparativamente com a análise tradicional de projetos de investimento, a análise de opções reais veio introduzir novas perspetivas sobre o impacto que a incerteza induz no valor do projeto. Neste capítulo são ainda referidas as principais motivações que estiveram na base da realização do trabalho, assim como os principais objetivos e limitações do mesmo. No segundo capítulo pretende-se, de uma forma sumária, caracterizar o atual panorama do setor dos transportes em geral e o setor aeroportuário nacional em particular, uma vez que o exemplo numérico do trabalho incide na avaliação de um projeto neste setor de atividade. Por sua vez, o capítulo três pretende, de uma forma sintética, apresentar o “estado da arte” da investigação económica e financeira no domínio das opções reais, incidindo no setor dos transportes e na opção de diferimento. O capítulo quatro apresenta um modelo geral de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento, considerando que, por um lado, o valor atual dos fluxos de caixa líquidos do projeto é uma variável estocástica, e, por outro lado, o investimento não é estocástico. O desenvolvimento deste modelo permite deduzir uma fórmula para calcular o valor do projeto com opção de diferimento e também determinar qual o valor anual líquido dos fluxos de caixa, para o qual é ótimo exercer a opção de diferimento, isto é, efetuar o investimento. O capítulo cinco tem como principal objetivo mostrar a aplicabilidade, das fórmulas gerais apresentadas no capítulo anterior, a um projeto como o da construção de um novo aeroporto em Lisboa. Por último, o capítulo seis apresenta as conclusões do estudo e faz algumas sugestões para desenvolvimentos futuros do trabalho.

O trabalho tem como principais objetivos mostrar que a avaliação de um projeto de investimento recorrendo à análise de opções reais, é um método que apresenta algumas vantagens comparativamente com o tradicional modelo dos fluxos de caixa atualizados. Em particular, pretende mostrar-se que a inclusão da opção de diferimento na avaliação de um projeto com um avultado investimento, como é o caso do NAL, constitui uma metodologia que adiciona alguns contributos positivos aos modelos tradicionais.

Neste contexto é desenvolvido um modelo de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento, sendo posteriormente testada a sua validade através da aplicação a um exemplo numérico, o caso do investimento no NAL.

Os resultados obtidos com o exemplo numérico permitem concluir que o modelo aqui proposto apresenta resultados que são coerentes com a realidade financeira. Através do modelo apresentado é ainda possível verificar qual o impacto que alterações nas diversas variáveis do modelo têm no valor do projeto e no momento ótimo de avançar com o investimento.

Tendo por base este trabalho e as limitações que já foram referidas no capítulo introdutório são apontadas algumas sugestões para desenvolvimentos futuros. Assim, no que se refere ao modelo apresentado, seria desejável, considerar o investimento como uma variável estocástica. Esta alteração trará maior complexidade matemática ao modelo, mas espera-se que ao mesmo tempo, também signifique uma maior aproximação do modelo à realidade financeira. No que diz respeito à aplicação do modelo a um projeto como é o NAL, a estimação dos valores para as diversas variáveis do modelo poderia ser aperfeiçoada e melhor justificada.

## BIBLIOGRAFIA

- Amram, M. e N. Kulatilaka (1999a). Disciplined Decisions – Aligning Strategy with the Financial Markets. *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 95-104.
- Amram, M. e N. Kulatilaka (1999b). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Harvard Business School Press, Boston.
- Amram, M. e N. Kulatilaka (2000). Strategy and Shareholder Value Creation: the Real Options Frontier. *Journal of Applied Corporate Finance*, Summer. 13(2), 8-21.
- Berger, P., E. Ofek e I. Swary (1996). Investor Valuation of the Abandonment Option. *Journal of Financial Economics*, 42, 257-287.
- Black, F. e M. Scholes (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81 (3), 637-659.
- Bowe, M. e D. Lee (2004). Project Evaluation in the Presence of Multiple Embedded Real Options: Evidence From the Taiwan High-Speed Rail Project. *Journal of Asian Economics*, 15, 71-98.
- Brandão, L. (2002). *Uma Aplicação da Teoria das Opções Reais em Tempo Discreto para Avaliação de uma Concessão Rodoviária no Brasil*. Tese de Doutorado, PUCRio.
- Brealey, R., S. Myers (1998). *Princípios de Finanças Empresariais*. Quinta Edição. McGraw-Hill, Lisboa.
- Brennan, M. e E. Schwartz (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *Journal of Business*, 58 (2), 135-157.
- Childs, P. e A. Triantis (1999). Dynamic R&D Investment Policies. *Management Science*, 45 (10), 1359 - 1377.
- Copeland, T. e V. Antikarov (2003). *Real Options: A Practitioner's Guide*. Thomson, Texere, New York.
- Copeland, T., T. Koller e J. Murrin (2000). *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*, third edition. McKinsey & Company, John Wiley, New York.
- Couto, G. (2006). *Opções Reais e Decisão sob Incerteza no Processo de Relocalização*. Tese de Doutorado, UTL-ISEG, Lisboa.
- Couto, G., Nunes, C. e Pimentel, P. (2012). High-speed rail transport valuation and conjecture shocks. *The European Journal of Finance*, DOI: 10.1080/1351847X.2012.665377.
- Cox, J., S. Ross e M. Rubinstein (1979). Options Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 7 (3), 229-263.

- Dixit, A. e R. Pindyck (1994). *Investment Under Uncertainty*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Filipe, P. (2002). Aeronáutica como Motor de Desenvolvimento Económico. *Economia Pura*, fevereiro
- Felix, E. (2002). Efeito da Flexibilidade na decisão de Investimento: Uma Aplicação à Exploração de Cobre. *Série Moderna Finança*.
- Grenadier, S. (2000). *Game Choices. The Intersection of Real Options and Game Theory*. Edit by Steven Grenadier. Risk Books.
- Huisman, K. (2000). *Technology Investment: a Game Theoretic Real Options Approach*. Ph.D. thesis, Tilburg University, Department of Econometrics, Center Dissertation Series – Centre for Quantitative Methods in Eindhoven, Tilburg, The Netherlands.
- Ingersoll, J. e S. Ross (1992). Waiting to Invest: Investment and Uncertainty. *Journal of Business*, 65, 1-30.
- Kester, W. (1984). Today's Options for Tomorrow's Growth. *Harvard Business Review*, Março-Abril, 153-160.
- Kester, W. (1993). Turning Growth Options into Real Assets, in *Capital Budgeting Under Uncertainty, Chaper 11*, Raj Aggarwal (Ed.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Kulatilaka, N. (1995). Operating Flexibilities in capital Budgeting: Substitutability and Complementarity in Real Options. In *Real Options in Capital Investment*, ed. L. Trigeorgis, Praeger.
- Kulatilaka, N. e S. Marks (1988). The Strategic Value of Flexibility: Reducing the Ability to Compromise. *The American Economic Review*, 78 (3), 574-580.
- Livro Branco – *A política Europeia de Transportes no Horizonte 2010*, Comissão Europeia, 2001
- Lopes, E. (1999). *Opções Reais: Um Contributo para o Alargamento da Taxonomia das Opções Reais (opção de Colocação Parcialmente Garantida da Produção)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Lusíada.
- Luehrman, T. (1998). Investment Opportunities as real options: Getting Started on the Numbers. *Harvard Business Review*, Julho/Agosto, 51-67.
- Lund, D, e B. Øksendal (1991). *Stochastic Models & Option Values: Applications to Resources, Environment & Investment Problems*. (Ed.) Lund e Øksendal, North-Holland, June.
- Majd, S. e R. Pindyck (1987). Time to Build, Option Value, and Investment Decisions. *Journal of Financial Economics*, 18 (1), 7-27.

- Masson, S. e C. Baldwin (1988). Evaluation of Government Subsidies to Large-Scale Energy Projects: A Contingent Claims Approach. *Advances in Future and Options Research*, 3, 169-181.
- McDonald, R. e D. Siegel (1985). Investment and the Valuation of Firm When There is an Option to Shut Down. *International Economic Review*, 26 (2), 331-349.
- McDonald, R. e D. Siegel (1986). The Value of Waiting to Invest. *The Quarterly Journal of Economics*, 101 (4), 707-728.
- McGahan, A. M. (1993). The Effect of Incomplete Information About Demand on Preemption, *International Journal of Industrial Organisation*, Vol. 11, pp. 927-346.
- Merton, R. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (1), Spring, 141-183.
- Micalizzi, A. e L. Trigeorgis (1999). *Real Options Applications*. (Eds) Micalizzi e Trigeorgis, Egea.
- Moel, A. e P. Tufano (2002). When are Real Options Exercised? An Empirical Study of Mine Closings. *Review of Financial Studies*, 15 (1), 35-64.
- MOPTC (2006). *Orientações Estratégicas para o Sistema Aeroportuário Nacional*, Relatório da Comissão do Sistema Aeroportuário nomeada por Despacho do Ministro das Obras Públicas Transportes e Comunicações, 30 de junho de 2006.
- MOPTC (2009). *Plano Estratégico de Transportes 2008 - 2020*, maio de 2009.
- Morck, R., E. Schwartz e D. Stengeland (1989). The Valuation of Forestry Resources under Stochastic Prices and Inventories. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 24 (4), 473-487.
- Myers, S. (1977). Determinants of Capital Borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5 (2), 147-175.
- Myers, S. e S. Majd (1990). Abandonment Value and Project Life. *Advances in Futures and Options Research*, 4, 1-21.
- Oliveira, O. (2000) *Opções Reais e Exportações*. Dissertação de Mestrado, UTL, ISEG.
- Paddock, J., D. Siegel e J. Smith (1988). Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *Quarterly Journal of Economics*, 103 (3), 479-508.
- Paxson, D. (2003). *Real R&D Options: Theory, Practice and Implementation*. Dean Paxson (Ed.).
- Pereira, P., A. Rodrigues e M. Armada (2006). The Optimal Timing for the Construction of an International Airport: a Real Options Approach with Multiple Stochastic Factors and Shocks. *Real Options 10th Annual International Conference*, New York.

- Pimentel., P. (2009). *Avaliação do Investimento na Alta Velocidade Ferroviária*. Tese de Doutoramento, UTL-ISEG, Lisboa.
- Pimentel, P.M., Azevedo-Pereira, J. e Couto, G. (2012). High-speed rail transport valuation. *The European Journal of Finance*, 18(2), 167-183.
- Pindyck, R. (1988). Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm. *American Economic Review*, 78 (5), 969-985.
- Pindyck, R. (1991). Irreversibility, Uncertainty, and Investment. *Journal of Economic Literature*, 29 (3), 110-1148.
- Porfíro., J. A.; G. Couto, e M. M. Lopes (2004). *Avaliação de Projectos: Da Análise Tradicional às Opções Reais*. Publisher Team.
- Quigg, L. (1993). Empirical Testing of Real Option-Pricing Models. *The Journal of Finance*, 48 (2), 621-640.
- Rose, S. (1998). Valuation of Interacting Real Options in a TollRoad Infrastructure Project. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 38, 711-723.
- Ross, S. (1995). Uses, Abuses, and Alternatives to the Net-Present-Value Rule. *Financial Management*, 24 (3), 96-102.
- Schwartz, E. e L. Trigeorgis (2001). *Real Options and Investment under Uncertainty: Classical Readings and Recent Contributions*. The MIT Press.
- Siegel, D., J. Smith e J. Paddock (1987). Valuing Offshore Oil Properties with Option Pricing Models. *Midland Corporate Finance Journal*, Spring, 22-30.
- Silva, S. (1997). *Flexibilidade, Volatilidade de Taxa de Câmbio e a Decisão de Internacionalização de uma Empresa*. Dissertação de Mestrado, UTL-ISEG, Lisboa.
- Smit, H. (2003). Infrastructure Investment as Real Options Game: The Case of European Airport Expansion. *Financial Management*, 32 (4), 27-57.
- Titman, S. (1985). Urban Land Prices Under Uncertainty. *The American Economic Review*, 75 (3), 505-514.
- Tobin, J. (1969). A General Equilibrium Approach to Monetary Theory. *Journal of Money Credit and Banking*, 1. 15-29.
- Tourinho, O. (1979). *The Valuation of Reserves of Natural Resources: An Option Pricing Approach*. Tese de Doutoramento, University of California, Berkeley.
- Trigeorgis, L. (1988). A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting. *Advances in Futures and Options Research*, 4, 145-167.
- Trigeorgis, L. (1990). A Real Option Application in Natural Resources Investments. *Advances in Futures and Options Research*, 4, 153-164.

Trigeorgis, L. (1993a). The Nature of Options Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28 (1), 1-20.

Trigeorgis, L. (1993b). Real Options and Interactions with Financial Flexibility. *Financial Management*, 22 (3), 202-224.

Trigeorgis, L. (1995). *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies, and Applications*. London. Praeger.

Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. The MIT Press, Cambridge, MA.

Trigeorgis, L. (1999). *Real Options: a Primer – The New Investment Theory of Real Options and its Implication for Telecommunications Economics*. Ed. By Alleman, James and Noam, Ely Kluwer Academic Publishers, MA.

Trigeorgis, L. e S. P. Mason (1987). *Valuing managerial flexibility*. *Midland Corporate Finance Journal*, 5 (1), 14-21.

## Anexos

### Anexo I – Artigos mais citados na década de 80 sobre opções reais

<b>Década de 80</b>	<b>Autores</b>	<b>Assunto</b>
1984	Kester	Opções de crescimento.
1985	Brennan e Schwartz Mason e Merton Titman	Avaliação de recursos naturais de uma mina de cobre Previsão da futura análise de contingentes em aplicações empíricas em activos reais. Avaliação de terrenos urbanos.
1986	McDonald e Siegel	Opção de diferimento.
1987	Majd e Pindyck Trigeorgis e Mason	Tempo de construção de opções sequenciais. Avaliação da flexibilidade da gestão.
1988	Paddock, Siegel e Smith Kulatilaka e Marks Pindyck Ekerm	Avaliação de reservas de petróleo. Valor estratégico da flexibilidade. Irreversibilidade e capacidade de escolha. Estudo de casos em investimentos em petróleo.
1989	Dixit Sick	Decisões de entrada e saída de uma empresa. Nova abordagem para a análise de projectos de investimento com opções reais

Fonte: Porfíro *et. al* (2004).

## Anexo II – Artigos mais citados na década de 90 sobre opções reais

Década de 90	Autores	Assunto
1990	Triantis e Hodder	Avaliação de opções complexas
1992	Ingersoll e Ross	Efeito da incerteza das taxas de juro nas opções reais.
	Dixit	Investimento e histereses.
1993	Trigiorgis (b)	Interações múltiplas de opções reais.
	Pindyck	Combinação da incerteza técnica e de mercado.
	Leahy	Revelação da coincidência entre o valor ótimo numa empresa monopolista e ótimo numa empresa em concorrência perfeita.
	Quigg	Testes empíricos sobre opções reais.
1994	Kogut e Kulatilaka	Capacidades estratégicas das empresas como plataforma de opções.
	Capozza e Li	Intensidade de investimento e tempo para desenvolver terrenos urbanos.
1995	Smith e Nau	Comparação do processo de tomada de decisão pela análise tradicional e pelas opções reais.
1996	Abel, Dixit, Eberly e Pindick	Teoria de investimentos sob incerteza,
	Berger, Ofek e Swary	Estudo empírico sobre opção de abandono
1997	Schwartz	Comparação de diferentes modelos para determinar os preços de <i>commodities</i> com incerteza.
1998	Laughton	Moderna teoria de avaliação de activos com flexibilidade no desenvolvimento de reservas de petróleo.
1999	Moel e Tufano	Análise de regras para lances sobre a concessão de minas através das opções reais.

Fonte: Porfíro *et. al* (2004).