

## **Contribuições da Análise de Opções Reais na Avaliação de Projetos de Investimento.**

Contributions of Real Options Analysis in the Investment Project Evaluation.

**Rui Oliveira<sup>1</sup>**

**Cristina Viegas<sup>2\*</sup>**

### **RESUMO**

Este trabalho desenvolve um modelo de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento, sendo testada a sua validade através da aplicação a um exemplo numérico, o caso do investimento num novo aeroporto em Lisboa.

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.

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

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

---

<sup>1</sup> Mestre em Finanças Empresariais – Faculdade de Economia da Universidade do Algarve (colivei@ualg.pt).

<sup>2</sup> Professora Auxiliar – Faculdade de Economia da Universidade do Algarve e CEFAGE - UE (colivei@ualg.pt).

\* The authors are pleased to acknowledge financial support from Fundação para a Ciência e Tecnologia and FEDER/COMPETE (grant **UID/ECO/04007/2013**)

## ABSTRACT

This study develops a model to evaluate an investment with an option to defer. Its perform is checked through an example: the option to invest in a new Lisbon airport.

The formulas developed in this study allow determination of the value of an investment project with an option to defer, 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 that 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; i.e., the value that is great to exercise the option to defer, or to move forward with the current project.

The numeric example has shown that the results obtained are coherent with the financial reality. Additionally, it is possible to check which impact the changes in the model variables have in the value of the project and in the optimal timing to invest.

**Key-Words:** Real Options Analysis, Option to Defer, Uncertainty and Optimal Timing to Invest.

**Received on:** 2015.07.31

**Approved on:** 2015.09.18

Evaluated by a double blind review system

## 1. INTRODUÇÃO

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. 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 análise de opções reais (AOR).

Por conseguinte, comparativamente com a análise tradicional de projetos de investimento, a AOR veio introduzir novas perspetivas sobre o impacto que a incerteza induz no valor de um projeto. Desta forma, as opções reais vieram alterar o paradigma da gestão na avaliação de investimentos.

O presente trabalho desenvolve 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 num novo aeroporto em Lisboa.

A importância da aplicação de modelos de opções reais na avaliação de um projeto com um avultado investimento, como é o caso de um novo aeroporto em Lisboa, 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 deste trabalho. 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.

O presente estudo encontra-se organizado da seguinte forma. O corpo do trabalho está organizado em 5 secções. A secção 2 tem por objetivo fazer uma revisão da literatura sobre o tema em estudo. A secção seguinte apresenta um modelo geral de avaliação de um projeto de investimento com opção de diferimento. A secção 4 tem como principal objetivo mostrar a aplicabilidade, das fórmulas gerais apresentadas na secção anterior, a um projeto como o da construção de um novo aeroporto em Lisboa. Por fim, a última secção centra-se na conclusão, limitações do estudo e propostas para futuros trabalhos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

A presente secção pretende, de uma forma sintética, apresentar o “estado da arte” na investigação económica e financeira no domínio das opções reais, em particular na opção de diferimento aplicada ao setor dos transportes.

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 de a gestão poder rever decisões operacionais como resposta a alterações nas condições de mercado. 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.

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.

A avaliação de projetos de investimento através da AOR é uma metodologia ainda numa fase embrionária, com diversas limitações que advêm 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. Esta proliferação de artigos teve aplicação nalgumas áreas dos projetos de investimento, como no caso do setor dos transportes (Smith, 2003 e Bowe e Lee, 2004); terrenos (Titman, 1985; Quigg, 1993 e Regan *et al.* 2015); I & D (Childs e Triantis, 1999 e Dimakopoulou *et al.*, 2014); recursos naturais (Brennan e Schwartz, 1985; Paddock *et al.*, 1988; Trigeorgis, 1990; Berger *et al.*, 1996; Moel e Tufano, 2002, Smith, 2003 e Haque *et al.*, 2014); flexibilidade do processo produtivo (Kulatilaka e Marks, 1988); na alta velocidade ferroviária (Pimentel *et al.*, 2012; Couto *et al.*, 2012); nos aeroportos (Pereira *et al.*, 2006) e na energia (Masson e Baldwin, 1988 e Santos *et al.*, 2014). Destas publicações, destacam-se ainda os trabalhos de Kester (1984), o qual adicionou uma perspetiva estratégica ao conceito de crescimento. McDonald e Siegel (1986) analisaram o efeito do diferimento na avaliação de opções. Pindyck (1988) introduziu e analisou o efeito da irreversibilidade no mesmo tipo de opção.

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 Pereira *et al.* (2006), 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.

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 tem sido alvo de várias publicações e estudos.

Smith (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. Smith (2003) combina a AOR com a teoria dos jogos, para captar o valor implícito derivado da 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 Smith (2003) é a de avaliar as oportunidades de crescimento geradas por uma infraestrutura, como um jogo de exercícios sequenciais. Pereira *et al.* (2006) apresenta um modelo em tempo contínuo orientado, essencialmente, para avaliar a oportunidade de investimento no aeroporto de Lisboa. Este modelo 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 setor rodoviário e o setor ferroviário são também setores onde os investimentos são avultados. Rose (1998) é um exemplo de um trabalho para estes setores. Este avaliou a concessão de um investimento em infraestruturas rodoviárias considerando a existência de duas opções – opção de compra antecipada e opção de diferimento do pagamento das comissões/honorários - que interagem entre si. Bowe e Lee (2004), Pimentel *et al.* (2012) e Couto *et al.* (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 *et al.* (2012) e Couto *et al.* (2012) analisam o processo de tomada de decisão relativa ao momento ótimo para a implementação do investimento da alta velocidade em ambiente de incerteza, aplicado a Portugal.

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. O presente trabalho incide na opção de diferimento. Esta 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. 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.

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.

Majd e Pindyck (1987) 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.

Paddock *et al.* (1988) aplicaram a teoria das opções financeiras à avaliação de uma concessão petrolífera, por forma a estabelecer um guia para o momento ótimo de desenvolvimento.

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

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

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

### 3. METODOLOGIA

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

Tendo por base o trabalho de McDonald e Siegel (1986), esta secção 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. Este modelo é desenvolvido por forma a ser aplicado a um projeto com um avultado investimento, como é o caso de um novo aeroporto em Lisboa.

Admite-se que, numa determinada data,  $t$ , o Estado pode despende  $I_t$ , para instalar um novo aeroporto em Lisboa, 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 no trabalho de McDonald e Siegel (1986), as duas variáveis atrás referidas,  $I_t$  e  $V_t$ , são estocásticas, neste estudo, somente  $V_t$  é considerada estocástica. Assim, esta variável evolui ao longo do tempo de acordo com um movimento geométrico *Browniano*, dado por:

$$\frac{dV}{V} = \alpha_v dt + \sigma_v dZ_v \quad (3.1)$$

Na equação (3.1) 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  $t = 0$ . Neste contexto, o investimento é designado por  $I$ . Deste modo, considera-se que a incerteza, inerente a um projeto de investimento com as características de um novo aeroporto em Lisboa, está patente nos fluxos de caixa por passageiro e no número de passageiros.

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  $t$ , por forma que o investimento é realizado se:

$$\frac{V_t}{I} \geq C_t^*, \text{ com } t \in [0, T] \quad (3.2)$$

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

$$V_t - I \quad (3.3)$$

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 (3.2). Sendo assim o investimento é realizado quando:

$$\frac{V_t}{I} = C_t^* \quad (3.4)$$

Logo, recorrendo a (3.3) e (3.4), o valor atual líquido do projeto é dado por:

$$I(C_t^* - 1) \quad (3.5)$$

No seguimento do anteriormente exposto, e considerando que  $t^i$  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:

$$X(T) = E_0[e^{-\mu t^i} (V_{t^i} - I)] \quad (3.6)$$

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 (3.6), passa a ter a seguinte configuração:

$$X = (C^* - 1)I \left(\frac{V_0/I}{C^*}\right)^\varepsilon \quad (3.7)$$

Sendo que:

$$C^* = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (3.8)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{\delta_F - \delta_V}{\sigma_V^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_V^2}} + \left(\frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_V}{\sigma_V^2}\right) \quad (3.9)$$

$$V_0 = \frac{V^*(1 - e^{(-\delta_V \times (m-n))})e^{(-\delta_V \times n)}}{\delta_V} \quad (3.10)$$

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 (3.7) e o valor do projeto sem opção, também conhecido como valor atual líquido estático, é obtido através da equação (3.10) menos o montante do investimento. Assim o valor da opção de diferimento é dado pela diferença entre (3.7) e (3.10).

Por sua vez, através de (3.8) 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 (3.4), no momento ótimo do investimento, vem:

$$V_0 = C^* \times I \quad (3.11)$$

Então substituindo o valor  $V_0$ , obtido em (3.11), na equação (3.10) 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 secção, pode ser objeto de algumas variantes, com a finalidade de ter aplicação a um projeto de investimento com características semelhantes ao de um novo aeroporto em Lisboa. Assim, são apresentados 3 modelos alternativos de valorização de um projeto na área dos transportes, com opção de diferimento.

### 3.2 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  $R$ .

### 3.2.1 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:

$$\frac{dx}{x} = \alpha_x dt + \sigma_x dZ_x \quad (3.12)$$

Na equação (3.12) 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,  $dZ_x$ , é o processo de *Wiener* padrão.

Tendo por base este pressuposto, as fórmulas apresentadas no modelo geral sofrem algumas adaptações. Assim, as equações (3.7), (3.8), (3.9) e (3.10) passam a ter a seguinte configuração:

$$X^A = (C^{*A} - 1)I \left( \frac{V_0^A/I}{C^{*A}} \right)^\varepsilon \quad (3.13)$$

Sendo que:

$$C^{*A} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (3.14)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\delta_F - \delta_x}{\sigma_x^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_x^2}} + \left( \frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_x}{\sigma_x^2} \right) \quad (3.15)$$

$$V_0^A = \frac{x \times R(1 - e^{(-\delta_x \times (m-n))}) e^{(-\delta_x \times n)}}{\delta_x} \quad (3.16)$$

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 (3.11), vem:

$$V_0^A = C^{*A} \times I \quad (3.17)$$

Então substituindo o valor  $V_0^A$ , obtido em (3.17), na equação (3.16) e resolvendo-a em ordem a  $x$ , obtém-se o número crítico de passageiros.

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

Nesta variante do modelo geral, considera-se que o número de passageiros por ano,  $x$ , é uma variável estocástica e segue o movimento geométrico *Browniano* definido em (3.12). 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 (3.21), e também no valor do projeto com opção de diferimento, obtido através de (3.18):

$$X^B = (C^{*B} - 1)I \left( \frac{V_0^B / I}{C^{*B}} \right)^\varepsilon \quad (3.18)$$

Sendo que:

$$C^{*B} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (3.19)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\delta_F - \delta_{xR}}{\sigma_x^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_x^2} + \left( \frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_{xR}}{\sigma_x^2} \right)} \quad (3.20)$$

$$V_0^B = \frac{x \times R (1 - e^{(-\delta_{xR} \times (m-n))}) e^{(-\delta_{xR} \times n)}}{\delta_{xR}} \quad (3.21)$$

Neste caso, como são consideradas duas variáveis,  $x \in R$ , 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:

$$V_0^B = C^{*B} \times I \quad (3.22)$$

Com a determinação de  $V_0^B$ , através de (3.22), recorre-se à equação (3.21) e resolve-se a mesma em ordem a  $(x \times R)$ , que representa o valor anual crítico dos fluxos de caixa líquidos totais.

### 3.2.3 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:

$$\frac{dR}{R} = \alpha_R dt + \sigma_R dZ_R \quad (3.23)$$

Na equação (3.23) 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  $x \in R$  variáveis estocásticas, o seu produto, que corresponde ao valor líquido do fluxo de caixa anual total, também será estocástico. Assim:

$$P(x, R) = xR \quad (3.24)$$

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

$$X^C = (C^{*C} - 1)I \left( \frac{V_0^C / I}{C^{*C}} \right)^\varepsilon \quad (3.25)$$

Sendo que:

$$C^{*C} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \quad (3.26)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\delta_F - \delta_P}{\sigma_P^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\delta_F}{\sigma_P^2} + \left( \frac{1}{2} - \frac{\delta_F - \delta_P}{\sigma_P^2} \right)} \quad (3.27)$$

$$V_0^C = \frac{P(1 - e^{(-\delta_P \times (m-n))})e^{(-\delta_P \times n)}}{\delta_P} \quad (3.28)$$

Relativamente às equações (3.27) e (3.28),  $\delta_P$ , tem o significado apresentado no modelo B, isto é,  $\delta_P = \delta_{RR}$ . 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:

$$\sigma_P^2 = \sigma_x^2 + \sigma_R^2 + 2\rho\sigma_x\sigma_R \quad (3.29)$$

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

$$\sigma_P^2 = \sigma_x^2 + \sigma_R^2 \quad (3.30)$$

Definidas todas as novas variáveis do modelo C, é possível obter o valor do projeto sem opção de diferimento, dado por (3.28) menos o montante do investimento. Este valor é exatamente o mesmo que foi obtido no modelo B. Por sua vez, a equação (3.25), 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:

$$V_0^C = C^{*C} \times I \quad (3.31)$$

Após resolver a equação (3.31), substitui-se o respetivo valor em (3.28), 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.

#### 4. EXEMPLO NUMÉRICO

Esta secção tem como principal objetivo mostrar a aplicabilidade, das fórmulas gerais apresentadas na secção anterior, a um projeto como o da construção de um novo aeroporto em Lisboa.



#### 4.1 Caracterização e Valores dos Parâmetros

Para a prossecução dos objetivos estabelecidos e desenvolvimento do modelo, são assumidas as variáveis estocásticas: a procura por um novo aeroporto em Lisboa (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 suporte para sustentar a decisão de implementar ou não o investimento, mas principalmente para avaliar a opção de diferimento.

Para o “cenário base”, irá ser considerada 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 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	5211,5 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

Fonte: Elaboração própria, 2015.

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

Para a determinação da taxa rendimento de equilíbrio, utilizou-se o Guia de Análise Custo - Benefício de Projetos de Investimentos da UE<sup>3</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 de 2,6%, constante no anexo B do citado guia, para se obter a taxa nominal de 7,73%. Em relação à taxa de juro sem risco usou-se a taxa de juro das obrigações europeias de *rating* AAA<sup>4</sup> com maturidade a 30 anos (YTM – *yield-to-maturity*), conjuntamente com a YTM das obrigações francesas a 30 e a 50<sup>5</sup> anos. A variável  $x$ , que corresponde à evolução do tráfego aéreo, i.e., representa o número de passageiros, foi obtida através dos dados disponíveis nos relatórios anuais da

<sup>3</sup> European Commission, DG Regional Policy, Guide to cost-benefit analysis of investment projects, 2008.

<sup>4</sup> Os valores das YTM de AAA-rated Euro Zone, foram obtidas em [www.ecb](http://www.ecb), em 30/7/2012.

<sup>5</sup> Os valores das YTM Francesa foram obtidos em [www.forexpros.com](http://www.forexpros.com), em 30/7/2012.

ANA<sup>6</sup>. Para obter os fluxos de caixa gerados por passageiro,  $V$ , usou-se os dados disponíveis nos guias de taxas de 2010<sup>7</sup> e respetivas portarias regulamentares, uma vez que esta variável foi estimada desde 2005. 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>8</sup>. 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, serão considerados estes dois cenários,  $m = 40$  e  $m = 50$ . Quanto ao período de construção foram considerados 7 anos<sup>9</sup> para a construção do *airside*, terminal e outras infraestruturas.

#### 4.2 Avaliação do investimento num novo aeroporto em Lisboa

A avaliação do investimento num novo aeroporto em Lisboa 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.

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

**Tabela 2.** Resultados da avaliação do projeto de construção do novo aeroporto com concessão a 40 anos

Output	Designação	Modelo A	Modelo B	Modelo C
--------	------------	----------	----------	----------

<sup>6</sup> Relatórios anuais de estatísticas de tráfego, publicados pela ANA – Aeroportos de Portugal.

<sup>7</sup> O Guia de taxas é publicado pela ANA – Aeroportos de Portugal

<sup>8</sup> Fonte Pordata

<sup>9</sup> ISEG – Universidade Técnica de Lisboa, Avaliação Financeira das Alternativas de Localização para o Novo Aeroporto de Lisboa

$x^*$	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€

Fonte: Elaboração própria, 2015.

Os valores da Tabela 2 são obtidos recorrendo às fórmulas que foram desenvolvidas na secção anterior.

O projeto não deve 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 um novo aeroporto em Lisboa, 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>10</sup>. Por sua vez a opção de diferir a implementação do projeto é valorizada em

<sup>10</sup>Procedimento idêntico foi utilizado em Pereira *et al.* (2006)

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 de um novo aeroporto em Lisboa 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).

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação do investimento num novo aeroporto em Lisboa, relativo aos valores constantes na Tabela 1, mas considerando as duas alterações que o modelo inicial sofre, i.e., na duração da concessão ( $m = 50$ ) e na taxa de juro sem risco, que passa a ser  $\delta_F = 3,786\%$ .

**Tabela 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€

Fonte: Elaboração própria, 2015.

Os resultados foram obtidos utilizando procedimento semelhante ao da Tabela 2. O valor do projeto com e sem opção de diferimento apresentado 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.

No que respeita ao número de anos da concessão, em qualquer dos cenários, o único parâmetro que sofre um acréscimo 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.

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.

## **5. CONCLUSÕES**

Este trabalho pretende mostrar que a inclusão da opção de diferimento na avaliação de um projeto com um avultado investimento, como é o caso de um novo aeroporto em Lisboa, 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 num novo aeroporto em Lisboa.

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.

Devido à formalização matemática que um problema desta natureza envolve foram considerados alguns pressupostos com o objetivo de reduzir a complexidade matemática, mas que, porventura, retiraram validade ao modelo. Por sua vez, 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.

Tendo por base este trabalho e as limitações referidas no parágrafo anterior, 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 um novo aeroporto em Lisboa, a estimação dos valores para as diversas variáveis do modelo poderia ser aperfeiçoada e melhor justificada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berger, P., Ofek, E. & Swary, I. (1996). Investor Valuation of the Abandonment Option. *Journal of Financial Economics*, 42, 257-287.
- Bowe, M. & Lee, D. (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.
- Brennan, M. & Schwartz, E. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *Journal of Business*, 58 (2), 135-157.
- Childs, P. & Triantis, A. (1999). Dynamic R&D Investment Policies. *Management Science*, 45 (10), 1359 - 1377.
- Couto, G., Nunes, C. & Pimentel, P. (2012). High-speed rail transport valuation and conjecture shocks. *The European Journal of Finance*, 0, 1-15.
- Dimakopoulou, A.G., Pramataris, K.C. & Tsekrekos, A.E. (2014). Applying Real Options to IT Investment Evaluation: The Case of Radio Frequency Identification (RFID) Technology in the Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 156, 191-207.
- Dixit, A. & Pindyck, R. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Haque, M.A., Topal, E. & Lilford, E. (2014). A Numerical Study for a Mining Project using Real Options Valuation under Commodity Price Uncertainty. *Resources Policy*, 39, 115-123.
- Ingersoll, J. & Ross, S. (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.
- Kulatilaka, N. & Marks, S. (1988). The Strategic Value of Flexibility: Reducing the Ability to Compromise. *The American Economic Review*, 78 (3), 574-580.
- Majd, S. & Pindyck, R. (1987). Time to Build, Option Value, and Investment Decisions. *Journal of Financial Economics*, 18 (1), 7-27.



- Masson, S. & Baldwin, C. (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. & Siegel, D. (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 Organization*, 11, 927-346.
- Moel, A. & Tufano, P. (2002). When are Real Options Exercised? An Empirical Study of Mine Closings. *Review of Financial Studies*, 15 (1), 35-64.
- Myers, S. (1977). Determinants of Capital Borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5 (2), 147-175.
- Paddock, J., D. Siegel & Smith, J. (1988). Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *Quarterly Journal of Economics*, 103(3), 479-508.
- Pereira, P., Rodrigues, A. & Armada, M. (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. M., Azevedo-Pereira, J. & 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.
- Quigg, L. (1993). Empirical Testing of Real Option-Pricing Models. *The Journal of Finance*, 48 (2), 621-640.
- Reagan, C.M., Bryan, B.A., Connor, J.D., Meyer, W.S., Ostendorf, B., Zhu, Z. & Bao, C. (2015). Real Options Analysis for Land Use Management: Methods, Application, and Implications for Policy. *Journal of Environmental Management*, 161, 144-152.
- Rose, S. (1998). Valuation of Interacting Real Options in a Toll Road 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.
- Santos, L., Soares, I., Mendes, C. & Ferreira, P. (2014). Real Options versus Traditional Methods to assess Renewable Energy Projects. *Renewable Energy*, 68, 588-594.
- Smith, 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.
- Trigeorgis, L. (1990). A Real Option Application in Natural Resources Investments. *Advances in Futures and Options Research*, 4, 153-164.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Trigeorgis, L. & Mason, S. P. (1987). Valuing managerial flexibility. *Midland Corporate Finance Journal*, 5 (1), 14-21.

**How to cite this article:**

Oliveira, R. & Viegas, C. (2015). Contribuições da Análise de Opções Reais na Avaliação de Projetos de Investimento. *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*. 1 (2), 94-119. Disponível em <http://u3isjournal.isvoug.pt/index.php/PJFMA>