



# **Aplicação da Teoria das Opções Reais em Ambientes de Incerteza: Um Caso de Estudo no Setor das Telecomunicações**

**Dissertação de Mestrado em Gestão**

*Barcarena, Dezembro 2013*

Luis Manuel Rocha

rocha.luismrp@gmail.com

## Índice

- 1 Introdução**
- 2 Modelos**
- 3 Caso de Estudo**
- 4 Resultados**
- 5 Conclusão**

## Sumário Executivo

*Neste trabalho pretendemos comprovar a subvalorização dos ativos por via do uso de metodologias tradicionais, demonstrando a existência de valor adicional decorrente da incerteza da envolvente económica e da flexibilidade da gestão.*

*Recorremos a um caso de estudo no setor das telecomunicações, constituído por dois cenários hipotéticos, que visam ilustrar a modelação da incerteza.*

*Evidenciamos a aplicação da Análise de Opções Reais (AOR), enquadrando o caso de estudo, validando os pressupostos e a aplicabilidade dos modelos.*

*Apresentamos o espaço estratégico de tomada de decisão para cada um dos cenários sugeridos.*

## 1.0 Introdução

### Enquadramento

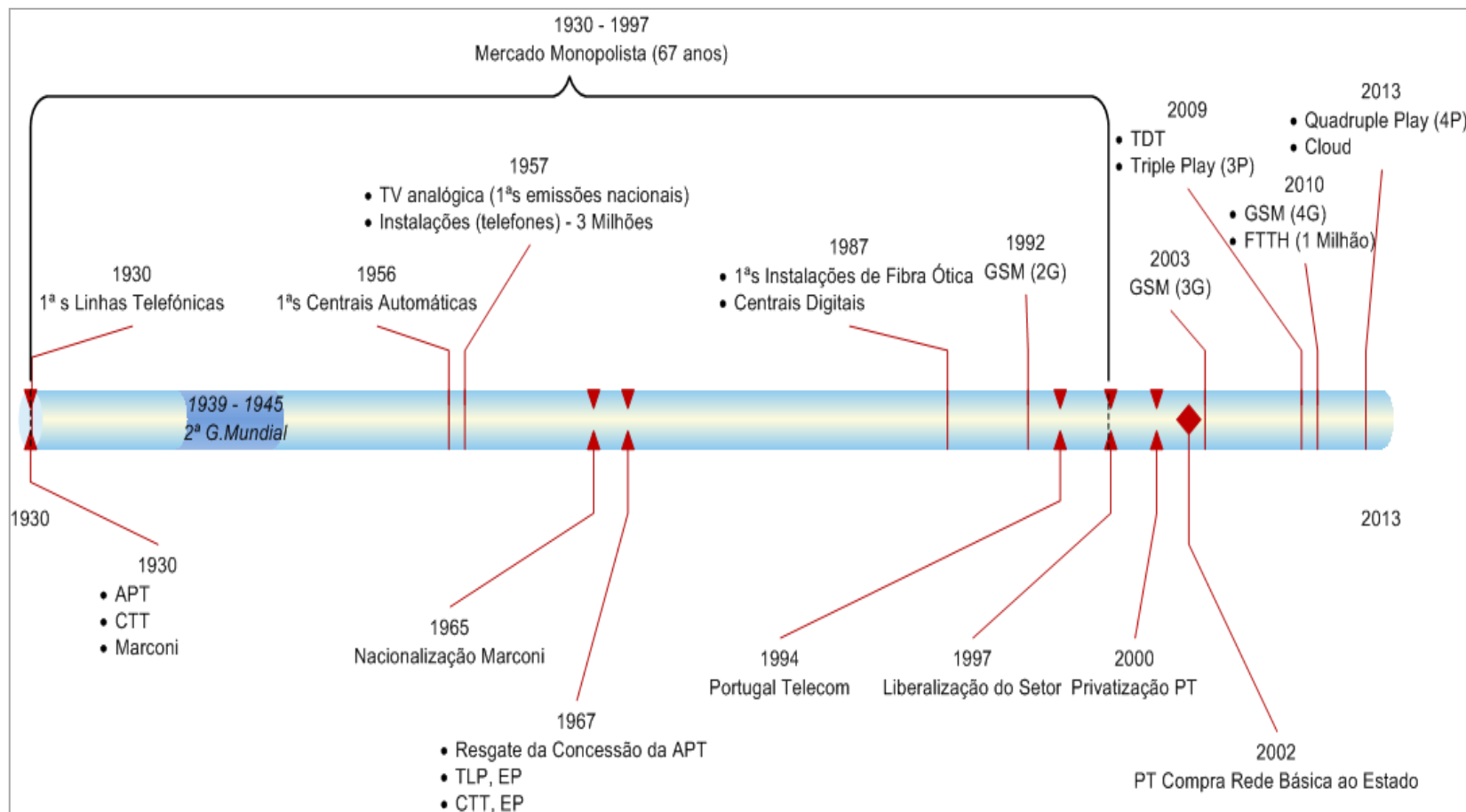
#### Principais motivações e objetivos

- O valor da operação de compra e venda da rede básica de telecomunicações em 2002, entre a PT e o Estado Português, foi obtido por cálculo das rendas futuras previsionais. Potencialmente estas metodologias de cálculo subavaliaram os ativos por não considerarem as incertezas do ambiente económico e a flexibilidade da gestão;
- Os recentes investimentos da PT em infraestrutura e entendimento estratégico dos seus responsáveis (convergência e *cloud*) antevêm a obsolescência da rede de cobre;
- Modelar e avaliar a incerteza e flexibilidade aplicando a Análise de Opções Reais (AOR);
- Contribuir para o estudo da temática da AOR.

## 1.0 Introdução

### Setor das Telecomunicações

#### Evolução do mercado e tecnologia – Eventos principais

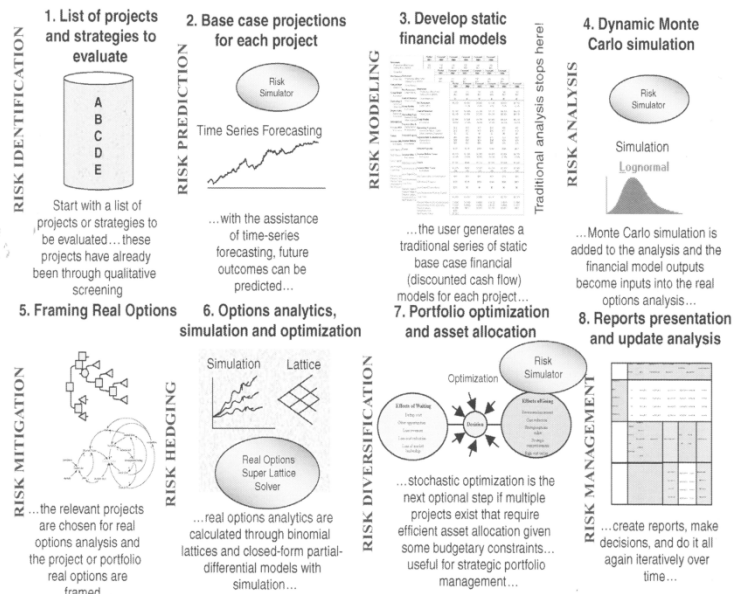


## 2.0 Modelo

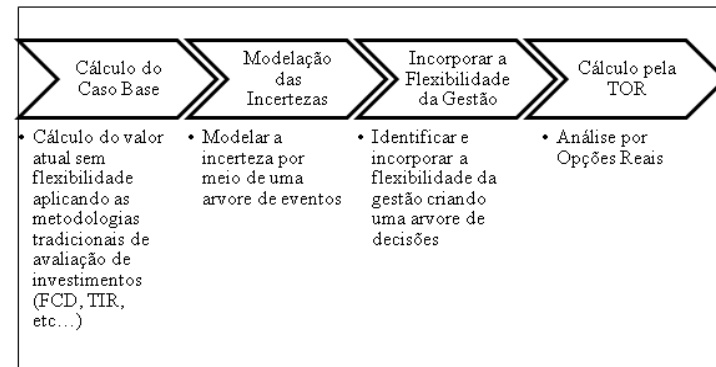
# Modelação

## Principais Modelos

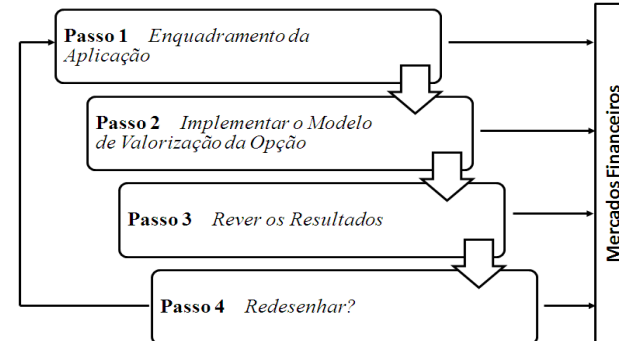
### Integrated Risk Management



### Modelo de Mun, J.



### Modelo de Copeland e Antikarov



### Modelo de Amram e Kulatilaka

## 2.0 Modelo

### Modelação

#### Modelo adaptado de Amram e Kulatilaka

##### 1. Enquadramento da aplicação

Identificação e modelação da fonte de incerteza

*Selecionar o modelo de valorização a aplicar no passo seguinte. Depende das características da aplicação.*

##### 2. Implementar o modelo de valorização da incerteza

1. Identificar as entradas do modelo de cálculo;
2. Calcular a opção.

##### 3. Análise e revisão dos resultados

Espaço estratégico.

## 2.0 Modelo



### Modelação

#### Modelos de Cálculo das Opções

- Modelo de Black e Scholes;
- Modelo binomial;
- Modelo das diferenças finitas (MDF).

## 2.0 Modelo



### Modelação

#### Pressupostos do Modelo de Black e Scholes

- A opção apenas poderá ser exercida na maturidade;
- A volatilidade é constante durante o período de análise;
- O preço do ativo subjacente evolui de acordo com um processo estocástico que segue um movimento geométrico browniano;
- A taxa de juro sem risco é constante ao longo do período da opção ;
- O ativo subjacente não paga dividendos.



## 3.0 Caso de Estudo

### Caso de Estudo

#### Cenários

##### Cenário 1

- Sem flexibilidade de venda antecipada;
- A PT poderá transacionar os bens afetos à rede básica, por um valor previamente acordado, apenas no final do período da concessão (2025).

##### Cenário 2

- Com flexibilidade de venda antecipada;
- PT poderá transacionar os bens afetos à rede básica, por um valor previamente acordado, em qualquer altura até final do período de concessão (2025), momento em que expira a oferta.

## 3.0 Caso de Estudo



### Modelação da Incerteza e Flexibilidade de Venda Antecipada Cenários – Modelação pela Análise de Opções Reais (AOR)

#### Cenário 1 - Modelação da incerteza sem flexibilidade de venda antecipada

**Opção de venda do tipo europeia**, com maturidade de 13 anos, tendo como ativo subjacente a avaliação dos ativos da rede básica.

#### Cenário 2 - Modelação da incerteza com flexibilidade de venda antecipada

**Opção de venda do tipo americana**, com maturidade de 13 anos, tendo como ativo subjacente a avaliação dos ativos da rede básica.

## 3.0 Caso de Estudo



### Parametrização

#### Entradas dos Modelos

- A cotação atual do ativo subjacente;
- A volatilidade das cotações do ativo subjacente;
- O período sobre o qual incide a análise da incerteza (maturidade);
- A cotação do ativo subjacente no final do período de análise;
- A taxa de juro sem risco.

## 3.0 Caso de Estudo

### Parametrização

#### Cotação atual do ativo subjacente

<b>Histórico das Avaliações dos bens afetos ao Acordo Modificativo do Contrato de Concessão</b>			
<b>Ano</b>	<b>Fonte</b>	<b>Método de Avaliação</b>	<b>Valor</b>
2002	Relatório e Contas Consolidadas da Portugal Telecom 2002 Nota 27 (pág. 136)	Custo	1.858.098.368 €
...			
2011	<b>Relatório e Contas Consolidadas da Portugal Telecom 2011</b> Nota 37 (pág. 201)	<b>Reavaliação</b>	<b>1.995.000.000 €</b>

### 3.0 Caso de Estudo

## Parametrização

### Volatilidade do ativo subjacente

#### Metodologia:

- Desvio padrão do somatório dos logaritmos dos retornos

Cálculo da Volatilidade e Drift com base no Histórico das Avaliações					
Ano	Avaliação	$x_1/x_0$	$\ln(x_1/x_0)$	$x-x_m$	$(x-x_m)^2$
2002	1.858.098.368 €	-	-	-	-
2003	1.670.948.852 €	0,90	-0,1061619	-0,114060883	0,013010
2004	1.512.332.776 €	0,91	-0,0997383	-0,107637237	0,011586
2005	1.389.094.634 €	0,92	-0,0850012	-0,092900092	0,008630
2006	1.239.689.172 €	0,89	-0,1137915	-0,121690453	0,014809
2007	1.103.300.380 €	0,89	-0,1165546	-0,124453588	0,015489
2008	1.043.259.095 €	0,95	-0,0559565	-0,063855416	0,004078
2009	2.066.000.000 €	1,98	0,68326481	0,675365871	0,456119
2010	1.253.000.000 €	0,61	-0,5000737	-0,507972636	0,258036
2011	1.995.000.000 €	1,59	0,46510337	0,457204433	0,209036

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$X = \ln\left(\frac{x_1}{x_0}\right)$$

$n$  - representa o número de observações

$x_n$  - representa uma observação

Volatilidade = **33,18%**

drift (média do logaritmo dos retornos) = **0,079**

## 3.0 Caso de Estudo



### Parametrização

#### Período de análise da incerteza (maturidade)

- Contrato de Concessão está em vigor até 2025;
- Com referência ao ano 2012 a maturidade é de **13 anos**.

## 3.0 Caso de Estudo

### Parametrização

#### Cotação do ativo subjacente na maturidade

- Estimar o valor da avaliação dos ativos em 2025;
- Modelação por um processo estocástico que segue um MGB.

Processo Estocástico: Movimento Browniano com crescimento	
Valor Inicial	1995
Taxa de Crescimento	0,79%
Volatilidade	33,18%
Horizonte	13
Etapas	50 000
Iterações	1000

Tempo (anos)	Média (M€)
0,0000	1995,00
0,0003	1994,48
0,0010	1994,95
...	...
12,9987	2392,873
12,99948	2390,254
12,99974	2390,35
<b>13</b>	<b>2389,997</b>

## 3.0 Caso de Estudo

### Parametrização

#### Taxa de juro sem risco

- Taxa das Obrigações do Tesouro a 10 anos. Prática comum nos cálculos das opções reais;
- O enquadramento macroeconómico internacional gerou variações significativas e atípicas na taxa de juro das ODP nacionais;
- Observações das médias mensais das ODP a 10 anos, entre 2010 e 2011, de um conjunto representativo de países pertencentes ao mesmo espaço monetário, nos quais se inclui Portugal.

	ODP (10 anos)
Bélgica	3,85%
Espanha	4,85%
França	3,22%
Irlanda	7,67%
Itália	4,73%
Portugal	7,82%
<b>Média</b>	<b>5,36%</b>



## 4.0 Resultados

### Parâmetros e Resultado

#### Cenário 1

Sem flexibilidade de venda antecipada (exercício apenas na maturidade):

Parâmetro	Resultado (C1)
Maturidade	13 anos
Cotação Atual	1995 M€
Preço de Exercício ( <i>strike</i> )	2390 M€
Volatilidade	33,18 %
Taxa de Juro sem Risco	5,36 %
<b>Opção de Venda Europeia</b>	<b>371,70 M€</b>

## 4.0 Resultados

### Parâmetros e Resultado

#### Cenário 2

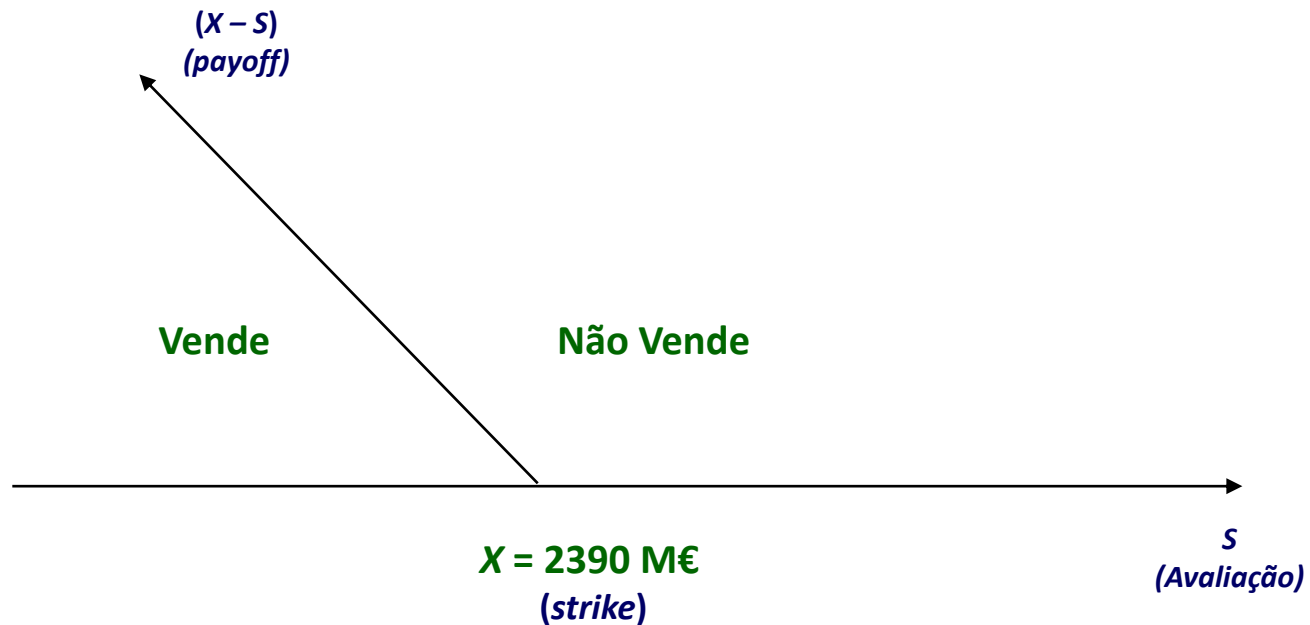
Com flexibilidade de venda antecipada (exercício até à maturidade):

Parâmetro	Resultado (C2)
Maturidade	13 anos
Cotação Atual	1995 M€
Preço de Exercício ( <i>strike</i> )	2390 M€
Volatilidade	33,18 %
Taxa de Juro sem Risco	5,36 %
<b>Opção de Venda Americana</b>	<b>683,27 M€</b>

## 4.0 Resultados

### Espaço estratégico

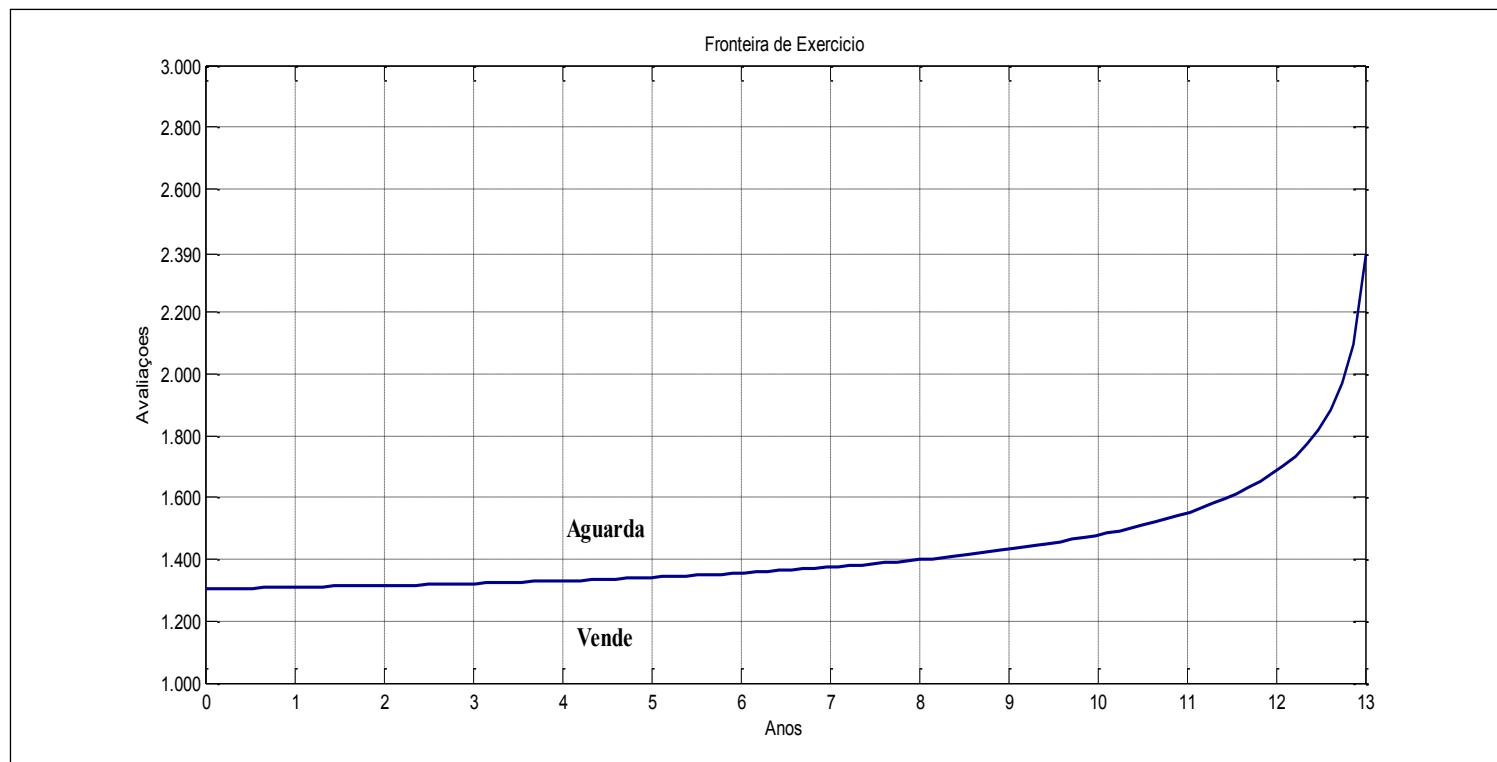
#### Cenário 1 – Tomada de decisão na maturidade



## 4.0 Resultados

### Espaço estratégico

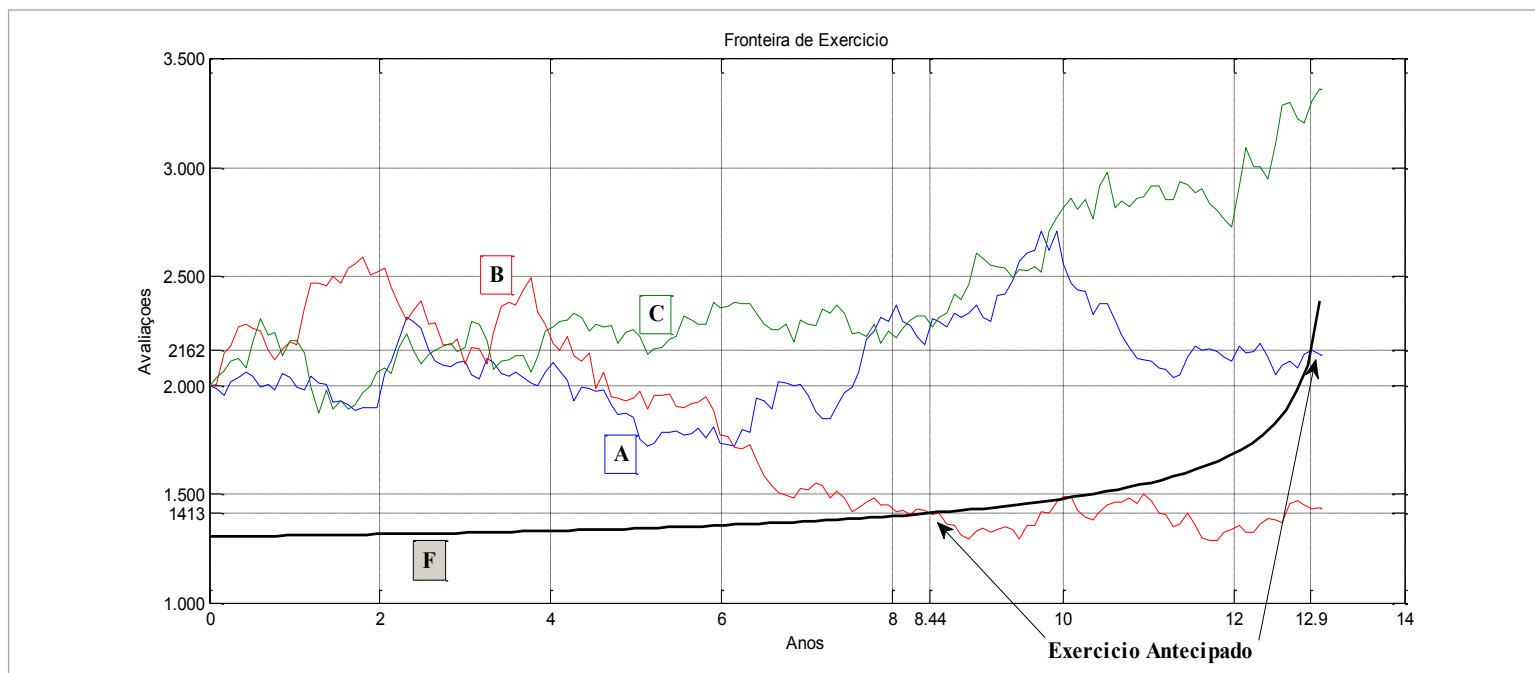
### Cenário 2 – Tomada de decisão (Fronteira ótima de exercício)



**Legenda:** Fronteira ótima de exercício (curva de gatilho)

## 4.0 Resultados

### Espaço estratégico Cenário 2 – Simulações



**Legenda:** F – Curva de Gatilho ; A,B e C – Caminhos aleatórios modelados por um MGB

Caminhos Aleatórios	Gatilho
Caminho A	$t = 8,44$ (oito anos e 5 meses) ; $S = 1413$ M€
Caminho B	$t = 12,9$ (doze anos e 11 meses) ; $S = 2162$ M€
Caminho C	Expira ( <b>não exerce</b> )

## 5.0 Conclusão

### Síntese e Conclusão

- O valor da operação de compra da rede baseado exclusivamente nas rendas futuras subavaliou os ativos por não considerar a incerteza e a flexibilidade de gestão.
- A AOR permite avaliar as oportunidades de obtenção de mais-valias com base na modelação da incerteza e da flexibilidade que, neste caso de estudo, possuem um valor significativo.
- As características da aplicação condicionam os modelos AOR a aplicar. A modelação de alguns conceitos do mundo real, relativamente simples, podem aumentar consideravelmente a complexidade da modelo;
- As metodologias de avaliação de ativos baseadas na AOR complementam as ferramentas tradicionais e aproximam o modelo da realidade, particularmente na tomada de decisão em contextos estratégicos.



**Mestrado em Gestão**

*Barcarena, Dezembro 2013*

Luis Manuel Rocha  
rocha.luismpl@gmail.com