

**Fernando Vairiolatti Del Negro Fonseca**

**Análise de Projetos no Setor Químico:  
Uma Abordagem pela Teoria das Opções Reais**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC - Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Carlos Patrício Samanez

Rio de Janeiro  
Abril de 2008

**Fernando Vairolatti Del Negro Fonseca**

**Análise de Projetos no Setor Químico:  
Uma Abordagem pela Teoria das Opções Reais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção da PUC - Rio.  
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo  
assinada.

**Prof. Carlos Patrício Samanez**

Orientador

Departamento de Engenharia de Produção – PUC - Rio

**Prof. José Paulo Teixeira**

Departamento de Engenharia de Produção – PUC - Rio

**Prof. Paulo Henrique Soto Costa**

Departamento de Engenharia de Produção – PUC - Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC - Rio

Rio de Janeiro, 10 de abril de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Fernando Vairolatti Del Negro Fonseca**

Graduou-se em Engenharia de Produção Mecânica e Engenharia Mecânica pela PUC-Rio em 2002.

#### Ficha Catalográfica

Fonseca, Fernando Vairolatti Del Negro

Análise de projetos no setor químico : uma abordagem pela teoria das opções reais / Fernando Vairolatti Del Negro Fonseca ; orientador: Carlos Patrício Samanez. – 2008.

99 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Análise de viabilidade econômica. 3. Teoria das opções reais. 4. Simulação de Monte Carlo. I. Samanez, Carlos Patrício. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

**Aos meus pais, Paulo e Fernanda, ao meu irmão, Eduardo,  
e à minha querida esposa, Cibeles, pelos incentivos, demonstrações  
de carinho e amor.**

## **Agradecimentos**

À minha esposa, Cibele, pilar da minha vida, sempre ao meu lado nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Paulo e Fernanda, que me ensinaram a ter disciplina e determinação, tudo o que conquistei é consequência disso.

Ao meu irmão, Eduardo, pelo incentivo e apoio.

À minhas avós pelo carinho e amor.

Ao professor Carlos Patrício Samanez pelo estímulo, orientação oferecida, e pelas excelentes aulas ministradas durante o curso.

Ao CNPQ e ao Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio, pelos recursos disponibilizados, pelos auxílios concedidos e pelo apoio financeiro.

## Resumo

Fonseca, Fernando Vairolatti Del Negro. Análise de Projetos no Setor Químico: Uma Abordagem pela Teoria das Opções Reais. Rio, 2008. 99p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

O presente documento tem por objetivo realizar a análise de viabilidade econômica para a implantação e operação da Fase 1 de um modelo de negócios voltado para a produção, no mercado brasileiro, de tintas especiais para aplicações industriais. Tal análise foi desenvolvida utilizando-se a Teoria das Opções Reais em um processo de simulação de Monte Carlo onde os custos (fatores de incerteza) serão considerados estocásticos seguindo um movimento de reversão à média. Desta forma serão quantificados os efeitos das flexibilidades gerenciais e como estes afetam o valor do projeto através de uma forma eficiente de simular fluxos de caixa. O mercado dessas tintas especiais e patenteadas, tem hoje participação expressiva na Europa e, pelas características dos seus produtos, observa-se um alto potencial de entrada no Brasil. São tintas anticorrosivas isentas de pigmentos metálicos e solventes, indicadas para todos os segmentos industriais, com alta resistência química e mecânica e diversos tipos de acabamento. Uma das grandes vantagens das tintas que utilizam essa tecnologia é que o processo de cura não requer nenhum tipo de exposição ao sol, evaporação ou radiação ultravioleta, resultando em produtos com a fase de secagem mais rápida e vida útil muito maior. O modelo de negócio da fase 1 consiste na terceirização da produção onde, através da supervisão direta, será verificada a correta alocação dos insumos de modo garantir a qualidade das tintas. A forma como está representada traz vantagens como a redução de investimentos iniciais para implementação e a revelação de valiosas informações de mercado.

## Palavras-chave

Análise de viabilidade econômica, Teoria das Opções Reais, Simulação de Monte Carlo.

## **Abstract**

Fonseca, Fernando Vairrolatti Del Negro. Project Valuation on Chemistry sector: A Real Option Application. Rio, 2008. 99p.– Department of Industrial Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio).

The present document has as objective to analyze the investment of the fase one start up of a business based on special licenced industrial paint on the brazilian market. Such analysis was accomplished with the Real Options Theory based on a Monte Carlo Simulation process where the costs (uncertainty factors) are stochastic and will follow the Mean Reversion Model. Therefore, it will be able to quantify the management flexibility and how they affect the project value. Nowadays, this industrial paint market has expressive profit share in Europe and a great potential in Brazil. Those paints are anticorrosive and do not have metallic pigments or solvents. They are indicated for all industrial sectors with high chemistry and mechanic resistance application. One of the great advantages on this kind of paint is the lack of extensive time to become dry. The fase one business model is bases on an outside production and the correct formula will be obtained throught direct supervision of qualified internal employees. The business model has advantages such as the reduction of the inicial investments and the development of market knowledge.

## **Keywords**

Project Valuation; Real Options; Monte Carlo Simulation.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Posicionamento da Dissertação no Contexto Científico e Tecnológico.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>Questões a serem respondidas.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Processo de análise de investimento.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Valor do dinheiro no tempo.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Risco, Incerteza e Retorno .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Processo decisório de investimento.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Modelos de Fluxo de Caixa Descontados.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Processo Neutro ao Risco.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Opções Reais.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Tipos de Opção .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Opção de Reduzir.....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Opção de Parada Temporária .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Opção de Abandono.....</b>	<b>35</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Opção de Troca de Uso .....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Opção de Investimento em informação.....</b>	<b>37</b>
<b>2.5</b>	<b>Simulação de Monte Carlo.....</b>	<b>37</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Processos Estocásticos.....</b>	<b>39</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Lema de Itô.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Descrição do Método de Monte Carlo.....</b>	<b>43</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1</b>	<b>Estruturação do Modelo de Negócio.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Tecnologia.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Produto &amp; Aplicações.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Mercado.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Modelo de Produção.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Estrutura da Empresa .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1.6</b>	<b>Investimentos.....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.7</b>	<b>Despesas.....</b>	<b>52</b>
<b>3.1.8</b>	<b>Receitas.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2</b>	<b>Regressão dos Parâmetros.....</b>	<b>60</b>



3.3	Modelagem da opção de investimento em informação .....	64
3.4	Modelagem da opção de expansão e retração .....	64
3.5	Modelagem da opção de parada temporária.....	67
3.6	Modelagem da opção de abandono .....	68
3.7	Função Lucro & Função Fluxo de Caixa Livre.....	69
3.8	Taxa de Desconto e processo Neutro ao Risco .....	73
3.9	Simulação do Movimento de Reversão a Média.....	75
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES E DEMAIS OPÇÕES REAIS.	83
4.1	Análise da Opção de Abandono .....	87
4.2	Análise da Opção de Adiar o Investimento.....	90
4.3	Análise de Sensibilidade .....	92
4.3.1	Variáveis Críticas.....	92
4.3.2	Número de Iterações.....	95
5	CONCLUSÕES .....	96
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	97
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	98

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Negócio da Fase 1.....	14
Figura 2 - convenção de fluxos de caixa.....	19
Figura 3 - Valor Presente .....	22
Figura 7 - Pesquisa da preferência dos CFO's - Journal of Finance vol. 60, 2001 .....	31
Figura 8 - Exemplo de Opção de Compra .....	33
Figura 9 - Projeção e participação do mercado .....	47
Figura 10 - Modelo de produção terceirizada .....	48
Figura 11 - Organograma da empresa.....	50
Figura 12- Série histórica do dólar.....	56
Figura 13 - Série histórica do dióxido de titânio .....	58
Figura 14 - Série histórica do Epoxi - Epikote 828 .....	58
Figura 15 - Série histórica do xileno .....	59
Figura 16 - Regressão para cotação R\$/US\$ .....	62
Figura 17 - Regressão para Dióxido de titânio.....	62
Figura 18 - Regressão para Epoxi - Epokote 828.....	63
Figura 19 - Regressão para Xileno .....	63
Figura 20 - Exemplo de Opção de Retração.....	65
Figura 21 - Exemplo de Opção de Expansão.....	66
Figura 22 - Saldo de estoque de matéria prima .....	66
Figura 23 - Exemplo de simulação de um processo real e um processo neutro ao risco .....	73
Figura 24 - Exemplo de Simulação de caminho da variável Dióxido de Titânio .....	76
Figura 25 – Exemplo dos 3 primeiros meses de simulação das variáveis estocásticas.....	77
Figura 26 - exemplos de paths da cotação do R\$/US\$ .....	77
Figura 27 - exemplos de paths do custo do Dióxido de Titânio .....	78
Figura 28 - exemplos de paths do custo Epoxi -Epikote 828.....	78
Figura 29 - exemplos de paths do custo Xileno .....	79
Figura 30 - FCL do mês 1 sem as opções reais.....	80
Figura 31 - FCL do mês 1 com a opção de para temporária .....	81

<b>Figura 32 - FCL do mês 36 e o efeito das opções .....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 33 - Gráfico do FCL Descontado e FCL Descontado Acumulado SEM opções.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 34 - Gráfico do FCL Descontado e FCL Descontado Acumulado COM opções.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 35 - Valor do projeto iniciado em diversos instantes de tempo .....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 36 - Análise de Sensibilidade Tornado - 5% de variação .....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 37 - Análise de sensibilidade Spider .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 38 - Sensibilidade do resultado com relação ao n° de iterações .....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participações nos segmentos de mercado .....	47
Tabela 2 - Projeção e participação do mercado .....	47
Tabela 3 - Investimentos Laboratoriais .....	51
Tabela 4 - Investimentos Administrativos .....	51
Tabela 5 - Despesas Fixas – Parte 1 .....	52
Tabela 6 - Despesas Fixas – Parte 2 .....	52
Tabela 7 - Benefícios e provisionamentos salariais .....	53
Tabela 8 – Encargos da folha salarial .....	53
Tabela 9 - Folha salarial .....	53
Tabela 10 - Despesas Fixos - Parte 3 .....	54
Tabela 11 - Custos Variáveis importados .....	55
Tabela 12 - Tributos de importação .....	55
Tabela 13 - Custos variáveis nacionais .....	56
Tabela 14 - Composição do custo variável de matéria prima local.....	57
Tabela 15 - Impostos incidentes sobre a receita bruta .....	60
Tabela 16 - Parâmetros do MRM.....	64
Tabela 17- DRE do projeto .....	72
Tabela 18 - VPL do Projeto SEM as opções reais.....	85
Tabela 19 - VPL do projeto CONSIDERANDO a opção de parada temporária .....	86
Tabela 20 - Avaliação da Opção de Abandono .....	89
Tabela 21 - Valor do projeto iniciado no mês i e descontado ao mês zero .....	91
Tabela 22 - Resultados da análise de sensibilidade .....	93
Tabela 23 - Análise de Sensibilidade Spider.....	94