

Fernando Vairolatti 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, Cibele, 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 Vairohatti 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 Vairolatti 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

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

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

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

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

1 Introdução

1.1 Objetivo Geral

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.

Neste trabalho, o autor utilizará a sigla NGE como nome fictício para identificar a empresa estrangeira que serviu de modelo para estudo do caso. A mesma sigla também será usada como parte do nome fantasia de produtos desenvolvidos por essa empresa.

A NGE, empresa detentora das patentes dessas tintas, tem hoje participação expressiva no mercado europeu e, pelas características dos seus produtos, identificou um potencial mercado no Brasil. São tintas anticorrosivas, indicadas para todos os segmentos industriais, com alta resistência química e mecânica e diversos tipos de acabamento.

Criada para comercializar essas tintas no mercado brasileiro, a NGE Brasil identificou que para operar de forma competitiva, seria importante desenvolver a sua produção localmente, utilizando-se de algumas matérias primas encontradas no mercado brasileiro, a fim de evitar os custos do transporte transoceânico e a elevada tributação aduaneira. Para que a produção local fosse disponibilizada em curto espaço de tempo e, para evitar a instalação imediata de uma unidade fabril, o que acarretaria pesados investimentos, foi elaborado um modelo de negócios a ser implementado em duas fases.

Na Fase 1 a produção propriamente dita será terceirizada, utilizando-se a ociosidade de outras indústrias locais, sob a supervisão dos engenheiros da empresa ora criada no Brasil. Grande parte da matéria

prima poderá ser adquirida diretamente de fornecedores locais, restando somente alguns componentes e aditivos que deverão ser importados da empresa detentora da patente.

Durante este processo, a monitoração do desempenho da empresa, em função dos custos da matéria prima e do resultado das vendas, permitirá a tomada de decisão futura de expansão/contração do negócio ou, até mesmo, o abandono do mesmo. Este processo funcionará como uma opção de investimento em informação, quando a informação revelada será base para a tomada de decisão futura.

MODELO E CICLO DE PRODUÇÃO - FASE 1

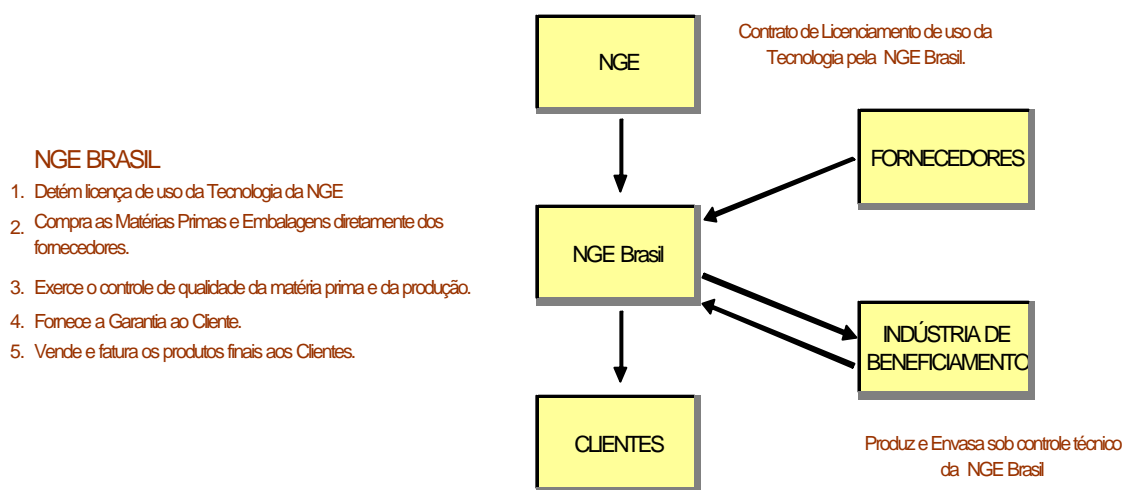


Figura 1 - Modelo de Negócio da Fase 1

A Fase 1 é importante para se avaliar a resposta do mercado minimizando os riscos de investimentos para a instalação de uma unidade fabril própria. De posse das informações acima citadas, ainda na Fase 1, caso haja crescimento da demanda inicialmente prevista será possível expandir o contrato de terceirização com outros fornecedores. Desta forma haverá não só um aumento de poder de barganha para negociação de contratos como também a opção de ajuste de níveis de produção adequando-os à demanda. Da mesma forma, se a demanda não corresponder às projeções, será possível retraindo os níveis de produção e

economizar em custos variáveis. O modelo de negócio terceirizado apresenta uma notável possibilidade de adequação da demanda.

Porém, caso a receita decorrente das vendas caia atingindo níveis próximos ou abaixo dos custos de produção, deverá ser levada em consideração a opção de abandono ou interrupção temporária da produção.

A Fase 2 terá início a partir do momento em que os resultados da empresa indiquem volumes de venda bem acima do break-even e, conseqüentemente, demonstre a conquista de um considerável market share, justificando então a instalação de uma unidade fabril própria. Desta forma, a verticalização incorreria na redução de custos uma vez que estaríamos absorvendo as margens envolvidas nos serviços prestados por terceiros na Fase 1. Não será desenvolvida a análise da Fase 2 no presente trabalho.

1.2 Posicionamento da Dissertação no Contexto Científico e Tecnológico

Sabemos que vivemos em um mundo cercado de incertezas e a avaliação de projetos pela teoria clássica não seria capaz de quantificar todas as flexibilidades gerenciais envolvidas nesse modelo.

A Teoria clássica pode levar a um resultado equivocado, uma vez que não leva em conta a flexibilidade gerencial e todas as opções existentes em um projeto. Por essa teoria, caso o VPL seja maior do que zero o investimento será feito, caso contrário o investimento não será feito.

O problema é que essa análise possui várias premissas dentre elas a de que o projeto tem que ser executado agora ou nunca, e uma vez iniciando o projeto não é afetado por nenhuma decisão gerencial futura. Outra consideração é a de que o risco do projeto não se altera ao longo de sua vida útil. Sendo assim, a Teoria Clássica não captura pontos importantes a respeito da possibilidade de atuação gerencial ao longo da vida do projeto.

O que a Teoria das Opções Reais visa é quantificar as diversas opções existentes em um projeto. É o efeito das flexibilidades gerenciais e verificar de que modo estas afetam seu valor. Ou seja, visa estimar métodos eficientes de simular fluxos de caixa. A flexibilidade da administração em adaptar suas futuras ações em resposta às futuras alterações do mercado expande o valor da oportunidade do investimento pela melhoria do potencial de ganhos, enquanto limita as perdas relativas às expectativas iniciais da administração sob uma administração passiva. Segundo Trigeorgis (1993), a assimetria resultante criada pela adaptabilidade requer uma regra para um “VPL expandido” que reflita os dois valores componentes: o VPL tradicional (estático ou passivo) e o valor da opção de operação e adaptabilidade estratégica. Desta forma, tem-se:

$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{estático}} + \text{Valor da Opção da Administração Ativa} \quad (1)$$

As opções são derivativos escritos sobre um ativo base, no caso um projeto. Seu valor depende dentre outras particularidades como a evolução do preço do ativo base ou dos custos de produção envolvidos no processo.

Para o desenvolvimento deste projeto é necessário um sólido conhecimento na área de Opções Reais, Análise de Investimentos, na área de Processos Estocásticos e também se faz necessário conhecimentos a respeito das características desse modelo de negócio e nova tecnologia. Por seguir a atual linha de pesquisa do departamento e conter a maioria das características envolvidas em opções reais de forma tão evidente, a proposta se torna motivada e relevante.

1.3 Questões a serem respondidas

O projeto tem por objetivo modelar e analisar a viabilidade econômica da implantação de uma nova tecnologia em aplicações industriais pelo método de opções reais. Serão modelados os processos estocásticos de custos onde os parâmetros de drift, volatilidade velocidade de reversão à

média e média de longo prazo serão estimados e, em um comparativo entre diferentes metodologias, será realizada a avaliação de investimentos e sugestões para estudos futuros.

2 Referencial Teórico

2.1 Processo de análise de investimento

2.1.1 Valor do dinheiro no tempo

A noção de que um Real hoje é preferível a um Real em algum momento no futuro é bastante intuitiva para a maioria das pessoas compreenderem, sem usarem modelos e matemática. Afinal de contas, o fato de ter dinheiro hoje abre um leque de oportunidades de investimentos que podem gerar retornos resultando em maiores quantias futuras. Também podemos examinar a situação como a satisfação pelo consumo imediato. Ou seja, o consumo desse real hoje vale mais do que o consumo desse real no futuro, a natureza humana é imediatista. Conseqüentemente, precisamos de uma métrica para comparar quantidades de capital em momentos diferentes do tempo. A ferramenta utilizada para essa finalidade é o *Desconto* ou *Capitalização* de fluxos, que a partir de uma unidade de medida, a taxa de juros, que ajustada ao risco converte valores entre instantes diferentes de tempo. Geralmente para o instante zero, o instante atual – daí o Termo **Valor Presente Líquido (VPL)**, o somatório de todos os fluxos de caixa descontados para o instante zero. Entretanto, os princípios de valor presente fornecem apoio adicional e permitem-nos calcular quanto exatamente um Real daqui a algum tempo no futuro vale em Reais de hoje e, ainda, mover o fluxo de caixa no tempo. O valor presente é um conceito, intuitivamente atraente, simples de computar, e tem uma gama de aplicações. Ele é útil no ato de tomar decisões, indo de decisões pessoais simples como comprar uma casa, poupança para investimento em educação e estimar o rendimento na aposentadoria ou para decisões complexas de finanças corporativas como a escolha de qual projeto investir.

O Fluxo de Caixa de um projeto ou investimento é o conjunto das entradas e saídas de capital ao longo do tempo. Convencionaremos que as entradas de caixa ou créditos são valores positivos de capital e que as saídas de caixa ou débitos são valores negativos de capital.



Figura 2 - convenção de fluxos de caixa

2.1.2 Risco, Incerteza e Retorno

A presente divisão visa repassar o histórico de finanças em avaliações e consolidar os conceitos e relações entre risco e retorno.

Outro aspecto que o tomador de decisão se envolve é o risco e a incerteza. A economia industrial moderna vive num clima de competição imperfeita, onde quem predomina são os oligopólios. Devido à interdependência administrativa de seus participantes, o cenário resultante sempre envolve riscos em tomadas de decisão, devido à incerteza presente na natureza dos eventos de mercado.

Na análise de investimento a incerteza surge como consequência da falta de controle sobre a realização dos eventos futuros. Não se pode quantificar com precisão a intensidade de eventos tais como vendas ou custos de produção futuros de determinado produto ou o desgaste e custo de manutenção dos equipamentos de produção. O risco pode ser definido uma estimativa do grau de incerteza que se tem com respeito à realização de resultados futuros desejados. Desta forma, se a faixa de valores previsíveis para um determinado evento for muito grande e este possuir uma elevada sensibilidade com relação aos resultados do modelo, o grau de risco do projeto também será elevado.

Os dicionários definem a palavra “risco” como “exposição à possibilidade de perdas ou danos” ou apenas “possibilidade de perda”.

2.1.2.1 Volatilidade

A volatilidade é uma das mais importantes ferramentas para quem atua no mercado de opções, pois neste mercado estamos interessados na direção do mesmo e também na velocidade que ele vai se movimentar. Um administrador precisa prever as possibilidades de valores de preços futuros a partir de um patamar de preço atual. Em certo sentido a volatilidade é uma medida da velocidade de uma variável, variáveis cujos valores se movem lentamente são variáveis de baixa volatilidade e as que se movem rapidamente são variáveis de alta volatilidade.

Uma volatilidade associada ao preço de uma mercadoria é a variação de preço referente a um desvio padrão, expresso em porcentagem, ao fim de um período de tempo. É esperado que o valor futuro (em unidade de tempo da volatilidade) de uma variável se encontre, em média, no intervalo expresso pelo desvio padrão percentual aplicado ao valor atual da variável.

2.2 Processo decisório de investimento

A avaliação de projetos de investimento comumente envolve um conjunto de técnicas que buscam estabelecer parâmetros de sua viabilidade. Constantemente o gestor financeiro se depara com a necessidade de optar em fazer novos investimentos, em obter financiamento ou utilizar recursos próprios. A decisão de investir em ativos reais está entre as mais importantes decisões econômicas, pois impactam no futuro econômico de uma empresa. Este tipo de investimento refere-se à determinação de aumentar ou não o estoque de capital da empresa, seja através da aquisição ou ampliação de instalações físicas, máquinas, equipamentos, ou até mesmo o investimento em treinamento, capacitação, ou contratação do capital humano, elementos utilizados para produção de bens e/ou serviços pela empresa. Existem diversos critérios de decisão econômica para orientar futura alocação de recurso.

2.2.1 Modelos de Fluxo de Caixa Descontados

O valor presente líquido - VPL é o critério mais recomendado atualmente por especialistas em finanças para decisão de investimento. Esta recomendação está fundamentada no fato de que o VPL considera o valor temporal do dinheiro (um recurso disponível hoje vale mais do que amanhã, porque pode ser investido e render juros – como já explicado anteriormente). O VPL não é influenciado por decisões menos qualificadas ou subjetivas (preferências do gestor, métodos de contabilização, rentabilidade da atividade atual), utiliza todos os fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto, refletindo toda a movimentação de caixa. Além disso, permite uma decisão mais acertada quando há dois tipos de investimentos, pois, ao considerar os fluxos futuros a valores presentes, os fluxos podem ser adicionados e analisados conjuntamente, evitando a escolha de um mau projeto só porque está associado um bom projeto.

Segundo BREALEY E MYERS (1992 : 73) são quatro as ações básicas para o gestor decidir sobre determinado investimento:

1. Prever os fluxos de caixa futuros;
2. Identificar o custo de oportunidade do capital investido que deve refletir o valor do dinheiro no tempo e o risco envolvido no projeto;
3. Utilizar este custo para atualizar os fluxos futuros e somá-los (identificação do valor presente);
4. Calcular o valor presente líquido – VPL – subtraindo-se do valor presente o investimento inicial necessário.

O valor presente (VP) representa o valor hoje de um fluxo ou de uma série futura de fluxos de caixa. Para atualizar estes fluxos é utilizado o custo médio ponderado de capital, representando o prêmio que os investidores exigem pela aceitação do recebimento adiantado.

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} \quad (8)$$

Figura 3 - Valor Presente

onde:

C_t = fluxo de caixa futuro na data t

k = custo médio ponderado de capital

t = período correspondente ao fluxo de caixa

O VPL consiste no valor presente dos fluxos de caixa futuros reduzido do valor presente do custo do investimento.

VPL = - Valor do Investimento Inicial + Valor Presente dos fluxos de caixa

O valor presente líquido de um investimento é um critério simples para que se decida se um projeto deve ser executado ou não. O VPL permite dizer quanto dinheiro um investidor precisaria ter hoje para desistir de fazer o projeto. Se o VPL for positivo o investimento vale a pena, pois executá-lo é equivalente a receber um pagamento igual ao VPL. Se for negativo, realizar o investimento hoje é equivalente a pagar algo no presente momento e o investimento deveria ser rejeitado.

Sob a ótica do acionista só é interessante investir em um novo projeto se o valor presente dos fluxos futuros for maior do que a disponibilidade atual, pois representará aumento do valor da empresa e, conseqüentemente, maximização da sua riqueza.

O termo valor presente líquido destaca que já está sendo considerado o custo de oportunidade corrente do investimento para determinar o seu valor, ou seja, já está embutida a taxa de juros

apropriada. É o valor presente dos fluxos de caixa produzidos pelo novo investimento reduzido do seu custo inicial. VPL positivo indica que o investimento vale mais do que custa. Daí resulta a regra do Valor Presente Líquido:

- Um investimento vale a pena quando possui VPL positivo. Se o VPL for negativo, deverá ser rejeitado.

A utilização da técnica de identificação do VPL utilizado para decisão de investimentos e financiamentos independe do tempo, ou seja, pode ser utilizado em um contexto sem risco, fluxo de caixa de um único período. Em um contexto com risco temos fluxos de caixa distribuídos por mais de um período.

A técnica de análise pelo critério do VPL permite aos tomadores de decisão identificar o custo ou benefício exato da decisão de investir e/ou obter financiamento. As principais vantagens do VPL são:

- Identifica se há aumento ou não do valor da empresa;
- Analisa todos os fluxos de caixa do projeto;
- Permite a adição de todos os fluxos de caixa na data zero;
- Considera o custo de capital;
- Embute o risco no custo de capital.

A principal dificuldade da utilização deste método consiste na definição da taxa de atratividade do mercado, o custo médio ponderado de capital que descontará os fluxos de caixa. Quanto maior for o horizonte de análise, maior será o efeito dessa variável.

Porém, o que esse método deixa de considerar é justamente o valor gerado pelas flexibilidades gerenciais. As técnicas de avaliação econômica de projetos que usam o FCD (fluxo de caixa descontado), foram originalmente desenvolvidas para o ambiente de certeza, que mais tarde, nos anos 50, foram adaptadas para o ambiente de incerteza. No

início, a taxa de desconto do fluxo de caixa representava apenas o custo de oportunidade neutro ao risco, sendo depois incorporado um ajuste ao risco assumido como já mencionado no CAPM. Essa teoria apenas relacionou risco e retorno medindo o prêmio de risco de um ativo em relação ao mercado através da covariância do retorno desse ativo com o retorno do mercado como um todo e apresentou conceitos como o de “risco diversificável” e “risco não-diversificável”. Porém, observa-se que a utilização dessa técnica continua insuficiente para uma correta valoração de projetos em finanças corporativas.

Na prática, muitas das decisões corporativas vem se mostrando contraditórias aos resultados indicados pelo método tradicional do FCD. Muitas vezes, os gestores de empresas tomam decisões baseadas em critérios intuitivos alegando o sentimento de que o método do FCD não levou em conta certos aspectos, no caso as opções intrínsecas nos modelos de negócio. Muitas dessas tomadas de decisão são justificadas como estratégicas por permitirem novas iniciativas futuras ou por permitirem que determinada informação seja revelada. Portanto, faz-se necessária a aplicação de uma outra metodologia que contemple e quantifique essas opções. Segundo Copeland, “Os métodos de precificação de opções são superiores às abordagens DCF tradicionais porque captam explicitamente o valor da flexibilidade. Assim, cremos que estas técnicas eventualmente substituam os métodos tradicionais no que se refere a decisões de investimento em que haja considerável flexibilidade no futuro”.

2.3 Processo Neutro ao Risco

No método de Fluxo de Caixa Descontado é necessário encontrar a taxa de desconto compatível com o risco, conforme mencionado anteriormente. A principal teoria utilizada atualmente é do Capital Asset Pricing Model (CAPM). Nesta teoria, a taxa de desconto pode ser descrita como a soma de duas parcelas, o valor do dinheiro no tempo livre de risco e um prêmio de risco proporcional ao valor esperado do risco de mercado multiplicado por um fator que mede o quociente entre o retorno do ativo

de risco com o retorno do mercado [$m = r + b (r_m - r)$]. Porém, essa metodologia apresenta diversas fragilidades já evidenciadas em diversos artigos publicados. As principais dificuldades estão na determinação do real valor do beta do ativo além da possibilidade deste depender de outras variáveis como o tempo de vida do projeto ou de tendências de crescimento do fluxo de caixa.

As limitações do CAPM se tornam mais evidentes quando acrescentadas ao modelo opções reais em forma de flexibilidades gerenciais. Em um projeto com a opção de adiar um investimento, por exemplo, a correta taxa de desconto não é constante, ela varia com o valor do projeto e com o tempo de exercício da opção, pois o risco varia. A teoria tradicional, o CAPM, permite calcular o prêmio de risco de um ativo de risco associado à um projeto V e logo uma taxa de desconto ajustada ao risco desse ativo V . Se o projeto possuir uma opção $F(V)$ sobre esse ativo V , essa opção também será um ativo de risco. Sendo uma função de V , o risco desse ativo F está vinculado ao risco de V , mas o risco de $F(V)$ é diferente do risco de V , ou seja, a taxa de desconto da opção $F(V)$ não é igual à taxa de desconto de V . A taxa de desconto da opção é um problema difícil, mas pode-se contornar esse problema através de métodos tais como o da Construção de um portfólio sem risco, ou o Método da Neutralidade ao risco.

A construção de um portfólio sem risco consiste em montar uma carteira formada pelo ativo básico V e por n unidades do derivativo F , onde n é tal que o portfólio é sem risco. Uma vez que o portfólio é sem risco, a taxa de desconto adequada é a livre de risco. O método da carteira neutra ao risco parece mais convincente do que o método da probabilidade neutra ao risco, pois é mais intuitivo aceitar o argumento de não-arbitragem, se a carteira sem risco der um retorno diferente da taxa r , gera arbitragem. Para isso, é necessário montar um portfólio F escrito da seguinte conveniente forma:

$$\Phi = F - n \times V$$

Onde:

F é o portfólio livre de risco

F é uma opção de compra ou de venda

V é o ativo básico

O valor de n , também o chamado “delta hedge”, e é igual à derivada da opção em relação ao ativo básico. Sendo F uma opção de venda (put), por exemplo, e K o preço de exercício, sabemos que expiração vale $F(T) = \text{Max}(K - V, 0)$. Nessa data, se $V < K$, então $\partial F / \partial V = -1$ e se $V > K$ a derivada é zero.

Já no Método da Neutralidade ao risco, penaliza-se o valor esperado futuro de V subtraindo-se um prêmio de risco de sua tendência e criando-se assim uma certeza equivalente. Desta forma, fica evidente que pode-se usar a taxa de desconto livre de risco para $F(V)$. Portanto, existem duas maneiras de usar taxas de desconto. Pode-se descontar com a taxa ajustada ao risco (CAPM), usando probabilidades reais, ou descontar com a taxa livre de risco, usando certezas equivalentes (método da neutralidade ao risco), obtidas com uma mudança de medida, uma medida equivalente de martingale. A medida equivalente de martingale é uma probabilidade artificial também chamada de probabilidade neutra ao risco. Ou seja, em um processo estocástico existem probabilidades de subida e descida das variáveis e com a devida taxa de desconto ajustada ao risco μ , é possível descontar o valor esperado do processo. Mas também existe uma probabilidade de subida e descida que trazida a valor presente pela taxa livre de risco, retorna o mesmo valor encontrado anteriormente.

$$V = \frac{E[V_{t+1}]}{1 + m} = \frac{E^Q[V_{t+1}]}{1 + r}$$

Seja o exemplo a seguir um projeto cujo valor seja V e este possua uma probabilidade real de subida p ocasionando em um valor de projeto

maior V_+ . Teremos então uma probabilidade de descida igual a $1-p$ que resultará no valor de projeto V_- .

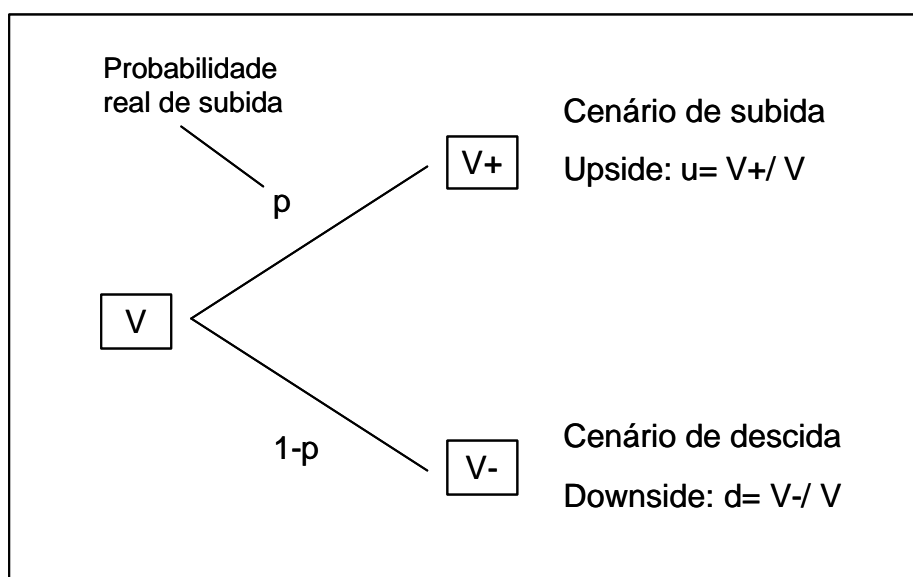


Figura 4 – Exemplo Conceitual do Método da Neutralidade ao risco

Conforme dito, pode-se calcular o valor presente usando a taxa ajustada ao risco μ e probabilidades reais para descontar o valor esperado de V em $t = 1$, ou seja $E [V(t = 1)]$.

$$V = \frac{E[V_{t1}]}{1 + m} = \frac{p \times V_+ + (1 - p) \times V_-}{1 + m}$$

temos que:

$$m = \frac{E[V_{t1}]}{V} - 1$$

Logo, para que o retorno desse ativo descontado à taxa livre de risco r seja equivalente ao apresentado descontado à taxa ajustada ao risco μ , é preciso ajustar os cenários V_+ e V_- através de uma probabilidade alternativa, a probabilidade artificial neutra ao risco q .

Dado que:

$$r = \frac{E^q[V_{t1}]}{V} - 1 = \frac{q \times V_+ + (1 - q) \times V_-}{V} - 1$$

e

$$u = \frac{V_+}{V}$$

$$d = \frac{V_-}{V}$$

Pode-se encontrar q

$$q = \frac{1 + r - d}{u - d}$$

Na a figura 5 a seguir, a partir de uma análise iniciada da direita, estão evidenciadas as duas formas de utilização da taxa de desconto. São dois caminhos diferentes para se descontar um fluxo de caixa futuro a um mesmo valor presente. No caminho inferior, utilizando-se da principal teoria usada atualmente (CAPM), pode-se descontar com a taxa ajustada ao risco. Corrigindo dessa forma o valor do dinheiro no tempo e o risco simultaneamente. No caminho acima, o risco é corrigido através de uma probabilidade artificial criando assim um cenário de certeza equivalente. Uma vez que temos um cenário de certeza, a única taxa de desconto apropriada é a taxa livre de risco. A utilização dessa taxa retona um valor presente idêntico ao encontrado através do CAPM no caminho inferior.

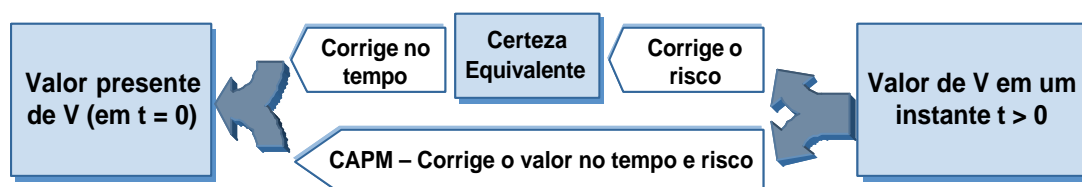


Figura 5 - Valor presente e taxas de desconto: Método da Neutralidade ao risco

No caso mais geral de uma opção de compra, escrita sobre o um ativo V é intuitivo que quando um ativo V tenha uma certa variação com relação ao mercado, sendo a variação da opção C maior, o risco é amplificado. Ou seja, a opção de compra sempre terá maior beta do que o ativo básico respectivo. Já para a opção de venda (put), o mesmo efeito não pode ser observado. Se o ativo básico tem uma variação positiva, a put tem variação negativa e vice-versa. Ou seja, as variações são opostas, em sentidos contrários. Uma grande variação positiva em V leva a uma grande (e ainda maior) variação negativa de P , o que implica que a opção de venda P pode ter até retornos negativos. Logo, quanto maior for as expectativas de retorno do projeto, menor é o valor da opção de venda. A figura a seguir é uma representação conceitual das relações mencionadas entre retorno esperado e beta.

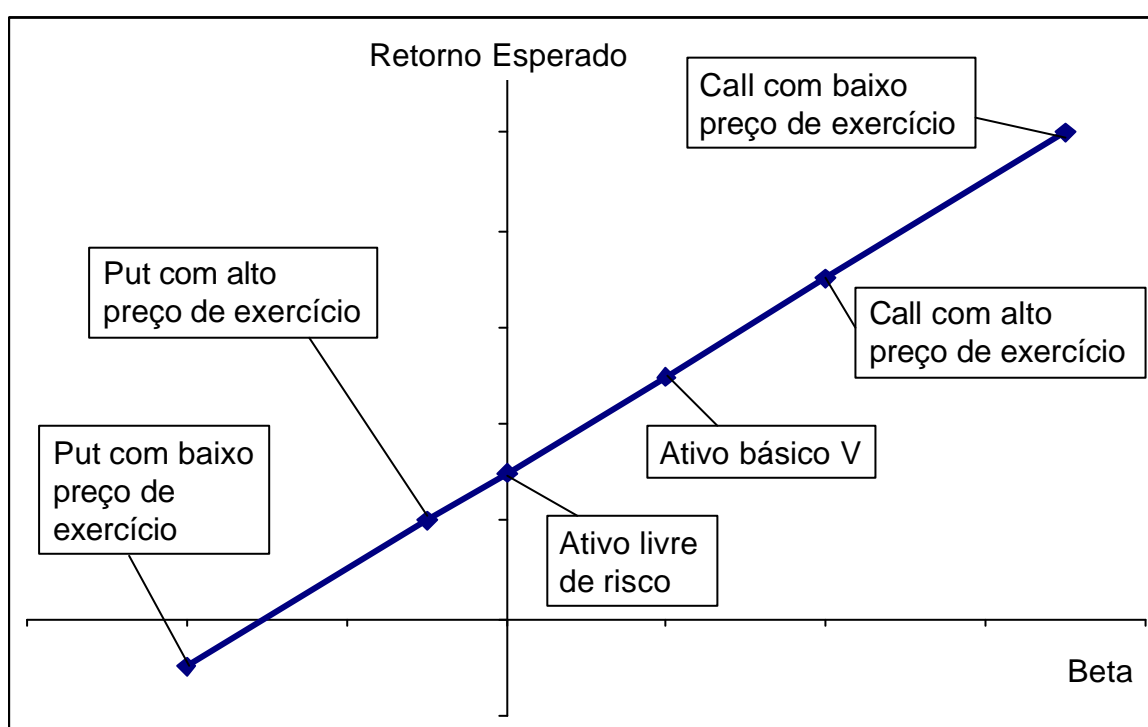


Figura 6 - Representação conceitual das relações entre Retorno Esperado e Beta

2.4 Opções Reais

Uma opção pode ser definida como o direito que alguém tem de fazer uma operação em certas condições pré-definidas, sem que ele tenha qualquer obrigação. Como este direito pode trazer vantagens econômicas ao possuidor da opção, existe um valor para tal opção.

Um projeto de investimento pode ser visto como um conjunto de opções reais. Dentre as opções reais, podem ser citadas as opções de adiar o investimento, cancelar novas etapas do investimento, alterar a escala de produção (expandir, contrair, fechar temporariamente, reiniciar), abandonar pelo valor residual, alterar usos (entradas e saídas) e opções de crescimento. A empresa tomará decisões de investimento e operacionais, com relação a um projeto, durante toda a vida deste. Ao avaliar um projeto pela teoria clássica, deixamos de quantificar todo o valor gerado por essas opções quando grande parte das informações para a tomada de decisão ainda está por ser revelada.

Uma abordagem pela teoria das opções reais evidencia que os métodos tradicionais de análise de investimentos, baseados em fluxo de caixa descontado e valor presente líquido, não garantem a coerência que deve unir estratégia e finanças para que os projetos não venham a ser subestimados. A teoria das Opções Reais é a técnica capaz de atingir a pretendida união e gerar flexibilidade e o resultado de uma gestão ativa em cenários de incerteza.

Sua participação no mundo corporativo é crescente e segundo o Journal of Finance, vêm apresentando ser uma técnica substancial para a tomada de decisão. Em uma pesquisa sobre práticas corporativas com 392 CFO's de empresas dos EUA e Canadá, mostrou-se uma realidade presente na avaliação de investimentos.

Journal of Financial Economics, vol.60, 2001, pp.187-243

Percentual dos CFO's que usam a técnica

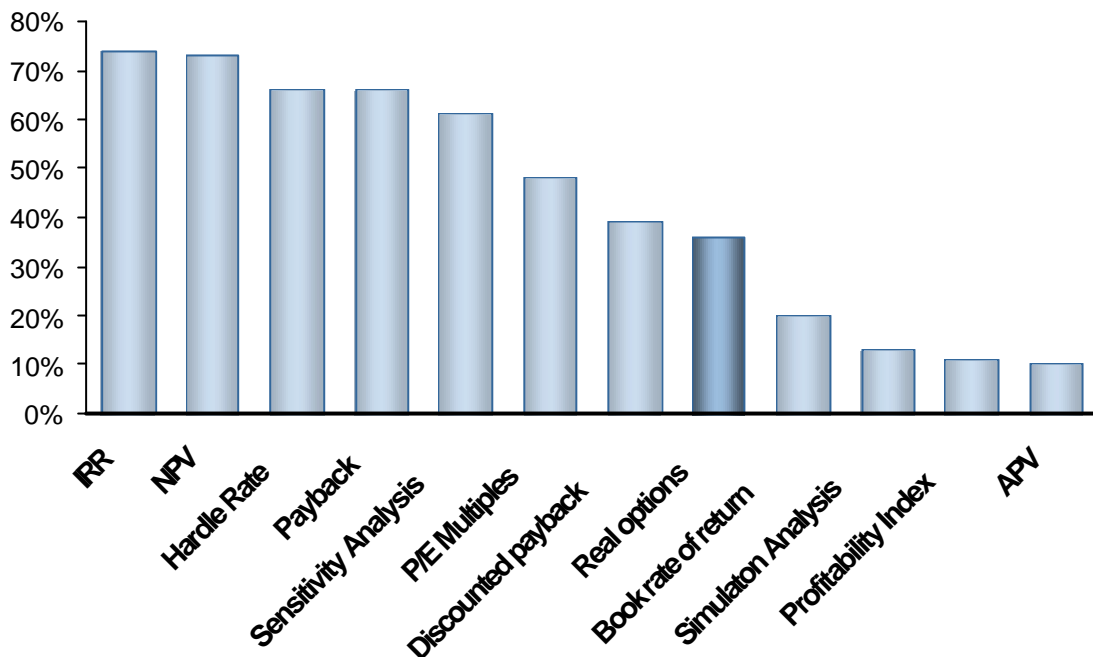


Figura 7 - Pesquisa da preferência dos CFO's - Journal of Finance vol. 60, 2001

Copeland (2002), admite que a admiração por essa nova ferramenta gerencial reside no fato de as empresas, em seus projetos de investimento, considerarem a possibilidade da ampliá-los, reduzi-los, abandoná-los ou atrasá-los, para se precaverem de possíveis eventualidades.

A metodologia utilizada para avaliação por opções reais será a Simulação de Monte Carlo. É um método numérico que através de simulação de eventos acoplados a distribuições de probabilidade específicas para cada variável crucial, descreve o fenômeno pesquisado dentro de um certo limite de tolerância.

2.4.1 Tipos de Opção

2.4.1.1 Opção de Adiar um investimento (opção de espera)

Uma das opções mais freqüentes na avaliação de projetos pela teoria das opções reais é a opção de adiar o investimento. Pela teoria clássica, os projetos são analisados com base nos fluxos de caixa esperados e nas taxas de desconto no instante da análise. Conseqüentemente, o VPL obtido é uma medida do valor e da aceitabilidade do projeto naquele instante. Porém, os fluxos de caixa esperados assim como as taxas de desconto mudam ao longo do tempo, bem como o VPL do projeto. Assim, um projeto que apresenta hoje um VPL negativo pode ter um VPL positivo no futuro. Num mercado competitivo, onde as empresas não possuem vantagens especiais entre si quando da tomada de projetos, este aspecto torna-se pouco significativo. Porém, num ambiente em que o projeto pode ser realizado por uma única firma (devido a restrições legais, monopólio natural ou barreiras impostas à entrada de novos competidores), as mudanças no valor do projeto ao longo do tempo dão ao mesmo as características de uma opção financeira de compra (call).

Desta forma, a opção de investir segue a regra:

Se $V_t > I$. Investir no projeto, o VPL é maior do que zero.

Se $V_t < I$. Não investir no projeto, o VPL é menor do que zero.

Sendo :

V_t o valor presente dos fluxos de caixa futuros se o investimento for realizado no instante t

I o investimento necessário no instante zero para a realização do projeto

Esta opção assim como seus efeitos (payoffs) podem ser representadas no gráfico a seguir:

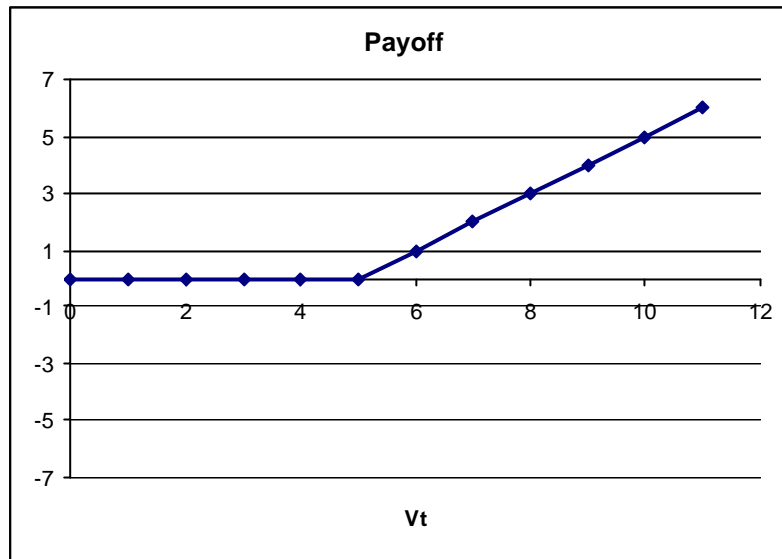


Figura 8 - Exemplo de Opção de Compra

Podemos notar que, mesmo que um projeto apresente VPL positivo hoje, a empresa pode decidir não investir imediatamente, visto que há uma expectativa de que o projeto tenha um valor maior no futuro, ou simplesmente porque a opção de espera vale mais do que a realização imediata do projeto.

2.4.1.2 Opção de Expandir

É possível alterar o projeto de diversas formas após seu start-up. A gestão do projeto pode ampliar a linha de produção ou até permitir a entrada de novos produtos garantindo a participação em novos mercados. Em tais casos, pode ser argumentado que os projetos iniciais são opções sobre outros projetos, e a firma deve estar disposta a pagar um preço por elas. Uma empresa pode investir num projeto inicial com VPL negativo devido à possibilidade de investir em projetos futuros que apresentem VPL positivo.

Existe também a opção de se investir em um projeto piloto mesmo que este tenha VPL negativo. No futuro, este pode ser uma referência, um ponto de partida para outros projetos. A opção de expansão, assim como a opção de espera, também funciona como uma opção de compra, pois

será exercida apenas quando determinadas condições de mercado estejam acima de um mínimo, gerando assim VPL positivo.

2.4.2 Opção de Reduzir

Em cenários desfavoráveis, com as condições de mercado inferiores ao esperado, o gestor de um projeto pode operar abaixo da capacidade ou até mesmo reduzir a escala das operações, reduzindo assim os custos operacionais desnecessários para realizar o projeto. Essa flexibilidade de reduzir perdas é semelhante a uma opção de venda (put). O preço de exercício da opção será igual à redução potencial de custos. Sendo V o valor total do projeto, o valor da opção será dado pela seguinte fórmula:

$$V(\text{opção}) = \text{Max}(\text{RC} - cV, 0) \quad (9)$$

A opção de redução, assim como a opção de expansão, pode ser particularmente valiosa no caso da introdução de novos produtos em mercados com grande incerteza. Esta opção também pode ser importante na escolha entre diferentes tecnologias ou fábricas com despesas de construção e manutenção diferenciadas, onde pode ser preferível construir uma fábrica com custos mais baixos de construção e custos maiores de manutenção, com o objetivo de adquirir a flexibilidade de reduzir as operações (e a conseqüente redução nos custos de manutenção) no caso de cenários desfavoráveis de mercado.

2.4.3 Opção de Parada Temporária

No mundo real, uma fábrica pode não operar continuamente em todos os períodos. De fato, se os preços do produto acabado são tais que os fluxos de caixa não são suficientes para cobrir os custos variáveis de operação, pode ser melhor suspender temporariamente as operações. Se os preços aumentarem suficientemente ou os custos de produção baixarem suficientemente, as operações podem ser retomadas. Dessa forma, a operação em cada instante de tempo pode ser vista como uma

opção de compra sobre os fluxos de caixa do instante de tempo considerado (FC_t), onde os custos variáveis de operação (CV_t) correspondem ao preço de exercício da opção, e o seu valor será dado pela equação:

$$V(\text{opção}) = \text{Max}(FC_t - CV_t, 0) \quad (10)$$

As opções reais de mudança na escala operacional (expansão, redução ou abandono temporário) são freqüentemente encontradas em indústrias de exploração de recursos naturais (minérios ou derivados de petróleo, por exemplo), planejamento e construção de indústrias cíclicas, entre outros.

2.4.4 Opção de Abandono

Quando os fluxos de caixa de um projeto estão aquém de suas expectativas, existe a opção real de abandono. Ao abandonar o projeto, a empresa recupera através do valor residual dos ativos parte do investimento inicial realizado para executar o projeto. Para estimar o valor desta opção, vamos assumir que V_t é o valor restante do projeto se ele for mantido até o final da sua vida útil (valor de continuação), e A_t é o valor de abandono do projeto, ambos no instante t . Se o valor de continuação do projeto for maior que o seu valor de abandono, o projeto deve ser continuado; no caso contrário ($A_t > V_t$), a opção de abandono deve ser considerada. O payoff do proprietário da opção será, portanto:

Se $V_t > A_t$, o valor da opção é zero

Se $A_t > V_t$, a opção vale ($A_t - V_t$)

A opção de abandono pode ser caracterizada como uma opção de venda (put). A opção de abandono limita as perdas de um projeto.

É possível observar alguns casos onde abandonar um projeto incorra em custos adicionais ao contrário de um fluxo positivo. Diversas empresas ou setores industriais pagam indenizações aos seus trabalhadores ou multas contratuais pelo não cumprimento total do

projeto. Nestes casos, a opção de abandono terá valor apenas se os fluxos de caixa esperados do projeto forem mais negativos do que o custo de abandono do mesmo.

2.4.5 Opção de Troca de Uso

No mercado automobilístico, observamos uma crescente tendência a fabricação de carros bi-combustíveis (operam com álcool ou gasolina), gerando assim a opção ao usuário de abastecer o veículo com o combustível de menor preço no momento. Da mesma forma parques industriais estão sendo projetados para operar usando diferentes fontes de energia (gasolina, óleo diesel, energia elétrica e outros). Esta flexibilidade operacional agrega valor ao projeto, pois permite ao gestor do projeto usar a fonte de energia mais barata em determinado instante de tempo.

Geralmente, esta vantagem competitiva custa um prêmio ao gestor do projeto. Um planta de uma fábrica sem essa flexibilidade deve ser mais barata, caso contrário todas as empresas teriam essa tecnologia. De maneira geral, flexibilidades no processo podem existir não somente através da tecnologia utilizada. Uma empresa multinacional pode localizar suas plantas de produção em diferentes países com o objetivo de adquirir a flexibilidade de concentrar a produção nos países com menor custo de produção.

Existe também a opção de controlar o mix de produção. Essa opção é mais valiosa em setores industriais onde a oferta é diversificada e a demanda é volátil. Uma gráfica pode ajustar sua tiragem para adequar a produção à demanda de revistas ou jornais. O investimento adicional já mencionado, pode facilmente se pagar ao se preencher oportunidades de mercado (mudanças de demanda) com a capacidade adquirida de flexibilidade de produção.

2.4.6 Opção de Investimento em informação

Com a globalização, nos deparamos freqüentemente com a extensão das atividades de empresas a diferentes mercados. Porém, cada mercado possui a sua cultura e a aceitação do produto pode ser aquém das expectativas. Neste caso, pesquisas de marketing ajudam as empresas a compreender melhor as necessidades e o comportamento do consumidor antes de investirem em grandes parques industriais de produção.

Muito válida também em outros cenários de incerteza, o investimento na revelação da informação pode identificar oportunidades e fraquezas de um projeto. No setor de petróleo, por exemplo, as duas principais fontes de incerteza são: incerteza com relação ao mercado, representada principalmente pelo preço do petróleo; e a incerteza técnica, que se refere basicamente ao volume e à qualidade da reserva. Neste cenário, o investimento em informações adicionais – antes do investimento pesado no desenvolvimento de reservas de petróleo – é uma alternativa bastante interessante tanto para o desenvolvimento de campos de petróleo como para a espera por melhores condições de mercado.

2.5 Simulação de Monte Carlo

A simulação é uma técnica de pesquisa operacional, que corresponde a realização de experimentos numéricos com modelos lógico-matemáticos. Estes experimentos envolvem grandes volumes de cálculos repetitivos, fazendo uso intensivo de recursos computacionais.

A simulação de Monte Carlo tem grandes aplicações na solução de uma variedade de problemas matemáticos através de experimentos computacionais em diversas áreas, como é o caso da simulação de filas, precificação de opções, análise de risco dentre outras. O método é aplicado tanto em problemas determinísticos quanto àqueles com caráter probabilístico. Sua estrutura é muito simples e flexível o que faz com que a Simulação de Monte Carlo possa ser aplicada em problemas de qualquer nível de complexidade. Entretanto, a maior inconveniência do

método recai sobre o número de simulações necessárias para se reduzir o erro da estimativa da solução procurada, o que tende, na prática, a tornar o método muito lento quando existe elevada complexidade de cálculos. A complexidade torna a iteração lenta.

Na literatura, existem relatos de aplicações do método de SMC em estudos de jogos de azar, dentre outros, realizados por matemáticos dos séculos XVI e XVII. No final de século XIX e início do século XX, o método também foi aplicado como forma de avaliação de médias de funções com variáveis aleatórias contínuas através da aproximação por integrais.

Porém, a origem do método de Simulação de Monte Carlo se deu durante a Segunda Guerra Mundial, ao longo das pesquisas no Laboratório de Los Alamos, que resultaram na construção da primeira bomba atômica. O método foi proposto por Von Neumann e Ulam para solução de problemas matemáticos cujo tratamento analítico não se mostrava viável. Primeiramente, voltava-se à avaliação de integrais múltiplas para o estudo da difusão de nêutrons. Posteriormente, verificou-se que ele poderia ser aplicado em outros problemas matemáticos mais complexos de natureza determinística. O nome Monte Carlo, famoso cassino de Mônaco fundado em 1862, foi adotado por razões de sigilo das pesquisas e pelo fato da presença da aleatoriedade lembrar os jogos de azar.

A base do método de Monte Carlo reside na amostragem de números aleatórios, que pode ser realizada de diferentes maneiras, fazendo-se uso das chamadas técnicas de redução de variância que são aplicadas de forma a se reduzir o tempo de processamento da simulação bem como a precisão das estimativas. Nesse contexto, Boyle (1997), afirma que a simulação de Monte Carlo torna-se preferível a outros métodos numéricos na medida em que o número de dimensões do problema cresce.

No mundo corporativo, a simulação de Monte Carlo tem se mostrado bastante eficiente como ferramenta de avaliação de problemas

associados à análise de investimentos, precificação de ativos, testes de cenários e outros.

Assim, a simulação de Monte Carlo aparece como uma maneira de se encontrar respostas aproximadas ou distribuições mais prováveis para os resultados de um problema. Como técnica de simulação, calcula o valor esperado e a dispersão (desvio padrão) de uma variável como o fluxo de caixa a partir de parâmetros de distribuições de probabilidades e faixas de variação informados. Ou seja, é uma ferramenta de simulação de probabilidades e não uma ferramenta de otimização sob incerteza como aplicado erroneamente em alguns setores. É um erro comum a utilização da técnica para se determinar taxas de desconto em um cenário de incerteza.

Já para o cálculo do valor de opções, em conjunto com o método da equivalência de neutralidade ao risco, a SMC se mostra eficiente. A técnica introduzida por Boyle (1977) simula uma série de trajetórias (neutras ao risco) do preço de uma ação, que determinam um conjunto de valores na expiração que permitem calcular os valores das opções. A estimativa do valor da opção é a média descontada desses resultados simulados. Ainda segundo Boyle (1977) esse método é útil no caso de opções sobre ações cujos retornos são gerados por uma combinação de dois processos estocástico, um contínuo e outro discreto como ações que pagam dividendos não contínuos. Processos como estes podem resultar em equações diferenciais parciais de difícil solução, poré, facilmente solucionadas através do método da SMC.

2.5.1 Processos Estocásticos

Segundo Hull (2003), pode-se dizer que qualquer variável cujas mudanças nos seus valores ao longo do tempo ocorram de maneira incerta segue um processo estocástico. Os processos estocásticos podem ser divididos em discretos e contínuos, sendo que o primeiro pressupõe que os valores de determinadas variáveis oscilem em determinados pontos no tempo e o segundo permite que as oscilações

ocorram em qualquer instante de tempo. Apesar das demonstrações contábeis seguirem um processo estocástico discreto, ou seja, para efeito fiscal existe apenas um fechamento mensal, os modelos contínuos se prestam muito bem para a maioria dos modelos utilizados em avaliações de projetos.

Um movimento browniano, ou processo de Wiener, é um processo aleatório contínuo que apresenta três importantes propriedades:

1. é um processo de Markov, ou seja, a distribuição de probabilidades dos valores futuros do processo dependem somente do seu valor atual, não sendo afetado pelos valores passados do processo, ou por qualquer outra informação;
2. possui incrementos independentes, ou seja, a distribuição de probabilidades da variação do processo em um intervalo de tempo, é independente de qualquer outro intervalo de tempo (que não sobreponha o primeiro);
3. as variações de um processo, em um intervalo de tempo finito, seguem uma distribuição normal, com variância que cresce linearmente com o intervalo de tempo.

Dado $z(t)$, um processo de Wiener, Δz uma variação de $z(t)$, e Δt um intervalo de tempo qualquer, tem-se:

1. $\Delta z = e_t \times \sqrt{\Delta t}$, onde e_t é uma variável aleatória que segue uma distribuição normal padrão, com média 0 (zero) e desvio padrão 1 (um);
2. a variável aleatória e_t não é correlacionada serialmente, ou seja, $E(e_t, e_s) = 0$ para $t \neq s$

Quando o intervalo de tempo Δt torna-se infinitesimalmente pequeno, pode-se representar a variação de um processo de Wiener, dz , em tempo contínuo como:

$$dz = e_t \times \sqrt{dt} \quad (11)$$

Um movimento browniano com tendência é uma extensão do processo acima, sendo representado pela seguinte equação estocástica:

$$dx = a \times dt + s \times dz \quad (12)$$

onde a é o parâmetro de tendência (ou crescimento), s é o parâmetro de variância, x é um processo estocástico, como, por exemplo, o preço de uma mercadoria.

Para qualquer intervalo de tempo Δt , a variação em x , possui distribuição normal, com esperança $E(\Delta x) = a \times \Delta t$, e variância $Var(\Delta x) = s^2 \times \Delta t$. Um movimento geométrico browniano com tendência é definido pela equação abaixo:

$$\boxed{dx = a \times x \times dt + s \times x \times dz} \quad \text{ou} \quad \boxed{\frac{dx}{x} = a \times dt + s \times dz} \quad (13)$$

2.5.2 Lema de Itô

Um processo estocástico contínuo $x(t)$ é chamado de processo de Itô, quando é representado pela equação:

$$\boxed{dx = a(x, t) \times dt + b(x, t) \times dz} \quad (14)$$

onde $a(x, t)$ é a função não-aleatória de tendência, $b(x, t)$ é a função não-aleatória da variância, $z(t)$ é um processo de Wiener, e t é o tempo.

Percebe-se que o movimento geométrico browniano é um caso especial do processo de Ito, onde $a(x,t) = a \times x$ e $b(x,t) = s \times x$

Dada uma função $F(x,t)$ diferenciável no mínimo duas vezes em x , e uma vez em t , o lema de Itô mostra que a mesma segue o seguinte processo:

$$dF = \left[\frac{\partial F}{\partial t} + a(x,t) \cdot \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{1}{2} \cdot b^2(x,t) \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \right] dt + b(x,t) \cdot \frac{\partial F}{\partial x} dz$$

(15)

Enquanto parece razoável que o preço ou custo de produção de um produto siga um processo de Markov, e tenha incrementos independentes, não é razoável assumir que as variações desses preços e custos sigam uma distribuição normal, afinal não podem ser inferior a zero. Assim, pode-se assumir que os preços de uma mercadoria sigam uma distribuição lognormal, ou seja, as variações no logaritmo do preço seguem uma distribuição normal.

Dessa forma, sendo X o processo geométrico browniano que descreve o preço da mercadoria, e $F(X) = \ln(X)$, tem-se, pelo lema de Itô:

$$dX = \alpha \cdot X \cdot dt + \sigma \cdot X \cdot dz$$

$$\frac{\partial F}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial X} = \frac{1}{X}, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial X^2} = \frac{-1}{X^2}$$

$$dF = \left[0 + \alpha \cdot X \cdot \frac{1}{X} + \frac{1}{2} \cdot (\sigma \cdot X)^2 \cdot \frac{-1}{X^2} \right] dt + \sigma \cdot X \cdot \frac{1}{X} \cdot dz = \left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma \cdot dz$$

Assim, baseado nos resultados obtidos acima e na análise do movimento browniano, tem-se que dentro do intervalo de tempo T , a variação em $\ln(S)$ segue uma distribuição normal com média

$$\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2} \right) \times T, \text{ e variância } \sigma^2 \times T.$$

A versão discreta da equação estocástica acima pode ser escrita da seguinte forma:

$$\ln\left(\frac{X_t}{X_0}\right) = \left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t \quad (16)$$

OU

$$X_t = X_0 \cdot e^{\left[\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t\right]} \quad (17)$$

2.5.3 Descrição do Método de Monte Carlo

A implementação de uma simulação de Monte Carlo apresenta etapas semelhantes para a maioria dos problemas em que esta ferramenta é empregada. Especificamente, apresentam-se 4 passos utilizados para a realização de uma simulação de Monte Carlo para a precificação de um projeto:

1. Simular caminhos aleatórios para os fatores de risco do problema, ou seja, as variáveis do problema que apresentam uma distribuição conhecida de resultados.
2. Avaliar os resultados de cada caminho aleatório segundo as especificidades de cada efeito ou consequência da variável.
3. Realizar o cálculo do valor esperado do projeto através de um cálculo da média dos valores obtidos na etapa 2.
4. Calcular o valor presente do projeto que foi obtido na etapa 3.

Supondo que o custo de produção de uma mercadoria seja expresso por c e que os valores dos custos gerados aleatoriamente, como descrito na etapa 1, sejam representados por c_i onde $i = 1, 2, \dots, n$.

Dessa forma, o valor esperado e a variância de c_i podem ser representados, respectivamente, por \bar{c} e s^2

Assim, o valor estimado de c pode ser representado como a média das n simulações realizadas, representada como sendo:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n} \quad (18)$$

De acordo com o teorema do limite central, para grandes valores de n , a variância e o desvio padrão do estimador c são dados, respectivamente, por:

$$s_c^2 = \frac{s^2}{n} \quad \text{e} \quad s_c = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Então o estimador para a variância s^2 é dado por:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n-1} \quad (19)$$

Da expressão $s_c = \frac{s}{\sqrt{n}}$, conhecida como erro padrão, tem-se que

o desvio padrão é diretamente proporcional à $n^{-1/2}$, ou seja, para se reduzir o desvio padrão pela metade, deve-se quadruplicar o número de amostras. Este ponto é apontado como uma das principais deficiências do método de Monte Carlo, uma vez que a precisão da estimativa procurada só é obtida sob um custo bastante elevado de uso computacional para a geração de amostras maiores.

3 Metodologia

Nesta seção, serão apresentadas as classificações deste trabalho em categorias quanto aos fins e meios empregados, serão discutidas as fontes de dados utilizadas nas simulações para o cálculo da viabilidade econômica, e suas formas de coleta e tratamento. Também serão apresentadas as principais limitações dos métodos e ferramentas utilizadas.

3.1 Estruturação do Modelo de Negócio

3.1.1 Tecnologia

Uma das principais novidades tecnológicas lançadas no mercado são as tintas isentas de pigmentos metálicos, que dispensam a moagem e agredem menos o meio ambiente, garantindo que os produtos fabricados sejam capazes de reduzir o impacto ao ambiente, principalmente no caso de tintas para indústria Naval.

Outra novidade é o desenvolvimento de produtos com nanocompostos de polímeros ou co-polímeros que podem ser utilizados na pintura predial e industrial e que tem sido amplamente aplicado no setor naval fora do país. 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. Por não conter solventes, essas tintas não são poluentes, não emitem vapores tóxicos nem efluentes líquidos, reduzindo significativamente a liberação de matérias altamente tóxicas e as exigências de controle ambiental.

Combinando as tecnologias mais atuais, a empresa desenvolverá uma excepcional tinta anticorrosiva bi-componente à base de epóxi, isenta de solventes, com alta resistência química e mecânica e que, além de altamente tolerante a umidade, é recomendada para aplicações subaquáticas. Em adição, vale ressaltar que ao ser aplicada sobre

superfícies que ainda apresentam oxidação após a sua limpeza (mecânica ou hidro-jateamento) essa tinta reage com a camada de ferrugem transformando-a em uma película resistente e protetora. Devido a sua alta aderência a superfícies secas e molhadas, é largamente utilizada pela indústria naval e offshore.

3.1.2 Produto & Aplicações

O produto é um excelente primário anticorrosivo sem solventes, especialmente indicado para ser aplicado sobre superfícies oxidadas/úmidas. Ele reage com a camada de óxido de ferro superficial, transformando-o numa película resistente e protetora. Pela excelente aderência sobre superfícies úmidas é indicado principalmente para a Indústria Naval (Tanques de lastro, de água potável, de combustíveis e armazenamento; decks), Plataformas Off-Shore e Pontes, posteriormente ao processo de hidrodecapagem. Aplica-se na Indústria Metalomecânica e na Construção Civil na proteção de tanques, estruturas metálicas, gradeamentos, portões, vigas metálicas, e em concreto. A tecnologia pode ser usada como elemento primário, intermediário ou mesmo como acabamento.

3.1.3 Mercado

Existem três segmentos principais de atuação: O segmento Naval, Industrial e Offshore. Em consulta a especialistas da área, foram levantadas as participações em cada segmento de mercado assim como uma estimativa de penetração e market share estimado em decorrente da entrada dessa nova empresa no mercado, oferecendo a linha de produtos proposta.

Distribuição de mercado:

SEGMENTOS DO MERCADO	NAVAL	25%	
	INDUSTRIAL	SIDERURGIA	70%
		ÓLEO & GÁS	
		MINERAÇÃO	
		PAPEL & CELULOSE	
		USINAS DE ÁLCOOL	
		ESTAÇÃO DE TRATAM.	
		AEROPORTOS	
	OFFSHORE	5%	

Tabela 1 - Participações nos segmentos de mercado

Foi estimado que o mercado brasileiro ainda está em crescimento e que terá se estabilizado por volta de 2010 com um volume total de 833.333 litros por ano. Tanto a curva de crescimento de mercado quanto o market share (penetração) são apresentados a seguir:

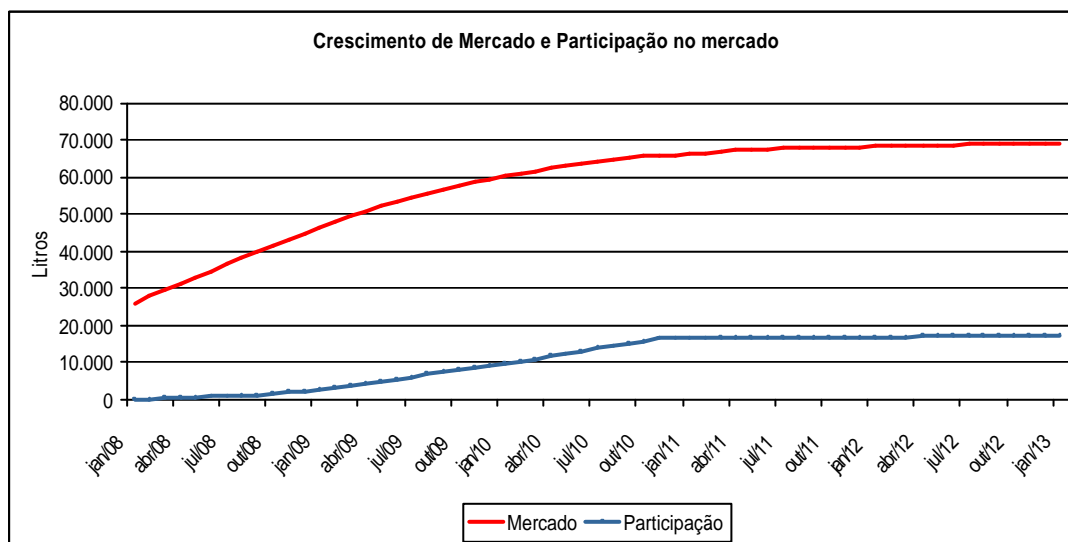


Figura 9 - Projeção e participação do mercado

	jan/08	jan/09	jan/10	jan/11	jan/12	jan/13
Ano	0	1	2	3	4	5
Mercado	0	446.965	657.080	770.116	813.108	827.124
Market Share		6%	16%	25%	25%	25%
Base litros		26.412	104.535	192.529	203.277	206.781

Tabela 2 - Projeção e participação do mercado

Levando em consideração a vida útil dos equipamentos envolvidos, as tendências tecnológicas e o mercado consumidor, determinamos que um horizonte de análise de cinco anos é coerente com a análise de viabilidade econômica desta fase 1

3.1.4 Modelo de Produção

Como já mencionado, nesta primeira fase a operação poderá ser terceirizada através da supervisão direta a fim de garantir a correta alocação dos insumos de modo garantir a qualidade das tintas produzidas.

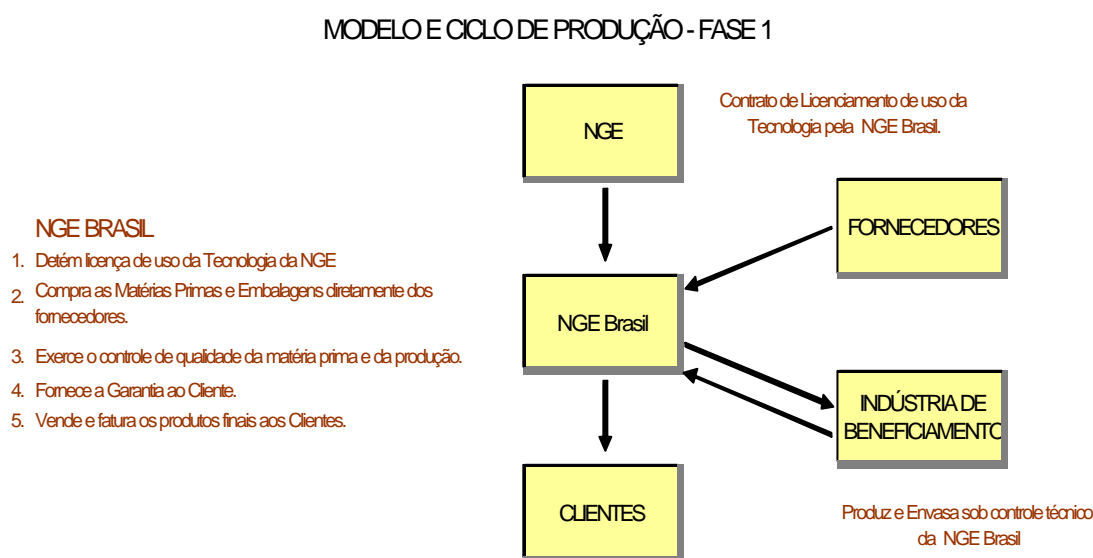


Figura 10 - Modelo de produção terceirizada

O modelo de negócio da forma como está representada (produção terceirizada) traz vantagens como a redução dos custos de investimentos para implementação. Não será necessário construir uma unidade fabril, permitindo uma operação enxuta apenas com uma estrutura de vendas,

suporte administrativo e uma eficiente supervisão da produção terceirizada, que garantirão a qualidade dos produtos fabricados utilizando-se de todos os equipamentos necessários para testes, em laboratório próprio, instalado junto à linha de produção.

Também teremos a disponibilização de produtos no curto prazo. Não existe a espera pela construção de uma fábrica, tempo passado entre o investimento e a produção dos produtos.

Caso a opção de abandono seja exercida, não haverá grandes equipamentos para serem revendidos reduzindo assim o risco de sucateamento dos equipamentos. No caso do abandono serão revendidos apenas os equipamentos de medição mencionados.

A estrutura de negócio também apresenta menores riscos na medida que é uma opção de investimento em informação. É uma forma de testar o mercado, avaliá-lo. Em um momento futuro, pode-se ampliar os lucros verticalizando do modelo de negócio através da primeirização da produção.

3.1.5 Estrutura da Empresa

Foi elaborada uma estrutura funcional necessária para operar esse modelo de negócio. Nela, um gerente geral conduziria o andamento de três frentes de trabalho: Administração, Produção e Vendas, com o seguinte organograma funcional:

ESTRUTURA FUNCIONAL - FASE 1

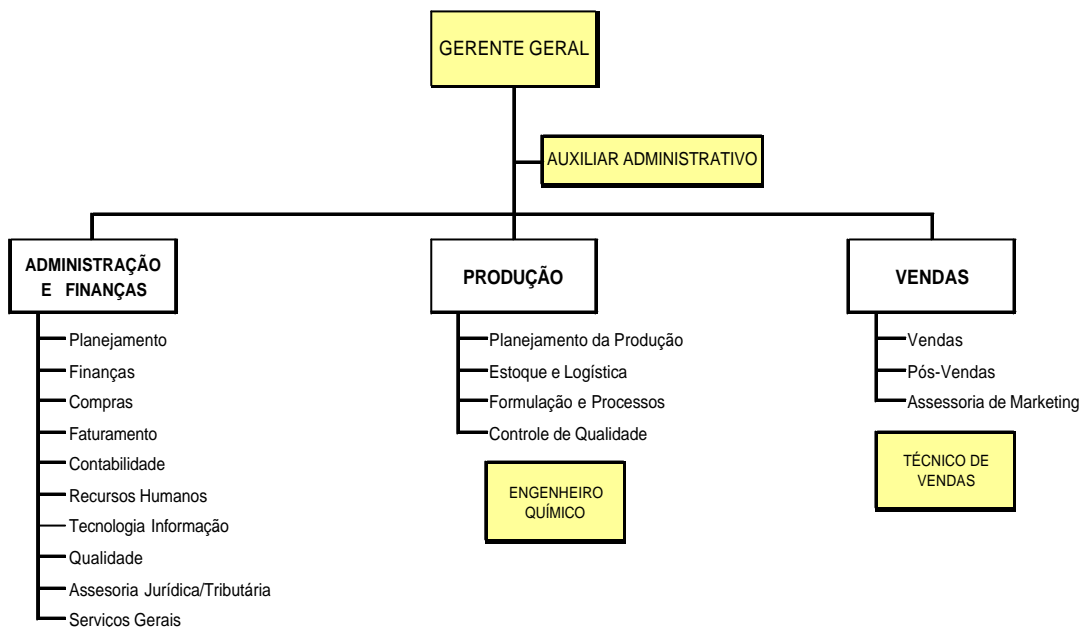


Figura 11 - Organograma da empresa

3.1.6 Investimentos

Mesmo sendo uma produção terceirizada, é necessário montar uma estrutura de supervisão da produção, controle de qualidade, vendas e administração para operar esse modelo de negócio. É necessário investir em equipamentos de teste, instrumentos de medição, balanças, computadores dentre outros. Esses investimentos foram mapeados e evidenciados nas tabelas a seguir em duas frentes, uma de investimentos laboratoriais e outra de Investimentos administrativos e comerciais:

LABORATÓRIO

QTD	DESCRIÇÃO	PREÇO	TOTAL
2	Misturador	1.600,00	3.200,00
2	Viscosímetro copo ford - Conjunto em aço inox	200,00	400,00
1	Viscosímetro stormer com stroboscópio	4.000,00	4.000,00
2	Estufas	3.200,00	6.400,00
3	Conjunto de aplicadores de tintas	2.600,00	7.800,00
2	Medidor portátil digital de Espessura de Camada	700,00	1.400,00
3	Picnômetro	200,00	600,00
2	Balanças de 3 kg	750,00	1.500,00
2	Balança Analítica	1.400,00	2.800,00
2	Balança Eletrônica Centesimal	980,00	1.960,00
1	Aparelho para teste de aderência	890,00	890,00
1	Aparelho para teste de dureza à risco	1.820,00	1.820,00
1	Aparelho para teste de impacto	2.000,00	2.000,00
4	Extensores Espirais	160,00	640,00
6	Termômetros	110,00	660,00
1	Higrômetro	2.800,00	2.800,00
2	Densímetro digital	850,00	1.700,00
2	Agitador Magnético de bancada	750,00	1.500,00
2	Bancada de laboratório com lavatório, hottes	2.900,00	5.800,00
1	Máquina manual de embutimento	4.150,00	4.150,00
1	Camera fotográfica digital 5M	600,00	600,00
2	Computador Core 2 Duo, Monitor 19" e software	3.500,00	7.000,00
1	Impressora Laser	2.000,00	2.000,00
1	Impressora Multifuncional	1.200,00	1.200,00
1	Rede Local	1.000,00	1.000,00
1	Mobiliário de escritório	5.000,00	5.000,00
TOTAL		68.820,00	68.820,00

Tabela 3 - Investimentos Laboratoriais**ESCRITÓRIO COMERCIAL**

QTD	DESCRIÇÃO	PREÇO	TOTAL
1	Mobiliário de escritório	8.000,00	8.000,00
2	Computador Core 2 Duo, Monitor 17" e software	2.800,00	5.600,00
1	Impressora Laser	2.000,00	2.000,00
1	Impressora Multifuncional	1.200,00	1.200,00
1	Impressora Matricial	600,00	600,00
1	Rede Local	1.000,00	1.000,00
2	Laptop Core 2 Duo	6.000,00	12.000,00
1	PABX	2.000,00	2.000,00
1	Camera fotográfica digital 5M	600,00	600,00
1	Outros	1.600,00	1.600,00
TOTAL		34.600,00	34.600,00

TOTAL GERAL **103.420,00****Tabela 4 - Investimentos Administrativos**

3.1.7 Despesas

3.1.7.1 Despesas Fixas

Foram mapeados uma série de custos fixos necessários a operação do projeto em questão. Primeiramente, se fazia necessário ter uma sede para prosseguir com as transações comerciais e administração do todo. O aluguel mensal de uma sala comercial assim como os encargos e tributos associados a esta sala foram levantados e quantificados.

Sala Comercial (R\$ / Mês)	2.240
Aluguel	1.250
IPTU e taxas	190
Despesas condominiais	700
Manutenção predial	100

Tabela 5 - Despesas Fixas – Parte 1

Também foram mapeadas todas as despesas operacionais relacionadas às concessionárias como luz e despesas em telecomunicações.

Concessionárias (R\$ / Mês)	1.720
Energia	320
Telefonia Fixa	700
Telefonia Móvel	500
Internet	200

Tabela 6 - Despesas Fixas – Parte 2

Foi quantificada a folha salarial assim como os encargos relacionados à estrutura funcional descrita anteriormente. Também foram considerados os benefícios e os devidos provisionamentos.

Benefícios	R\$
Plano de saúde	180,00
Ticket Refeição	330,00
Ajuda de locomoção	132,00
	642,00

Tabela 7 - Benefícios e provisionamentos salariais

Encargos Sociais	
Grupo A	SALÁRIOS
INSS Empresa	20,00%
INSS Terceiros (SESI/SESC, SENAI, SEBRAE, INCRA, Sal. Educ.)	5,80%
INSS Seguros de Acidentes	3,00%
FGTS	8,50%
Total Grupo A	37,30%
Grupo B	
Repouso Semanal remunerado	
Férias	8,33%
1/3 sobre férias	2,78%
Feriados	
13º Salário	8,33%
Aviso prévio	2,08%
Auxílio doença	1,46%
Total Grupo B	22,99%
Grupo C	
40% do FGTS pagos ao empregado nas demissões	3,94%
10% do FGTS recolhidos da empresa nas demissões	0,98%
Total Grupo C	4,92%
Incidências Cumulativas	
Grupo A x Grupo B	8,57%
Total Incidências Cumulativas	8,57%
TOTAL DOS ENCARGOS	73,78%

Tabela 8 – Encargos da folha salarial

CATEGORIAS	SALÁRIO BASE	ADICIONAL PERICUL.	ENCARGOS DA FOLHA	PROVISION. DEMISSÕES	BENEFÍCIOS	CUSTO UNITÁRIO	QTD.	CUSTOS TOTAIS
Gerência								
Gerente Geral	10.000,00		3.730,00	3.647,94	642,00	18.019,94	1	18.019,94
Auxiliar Administrativo	1.100,00		410,30	401,27	642,00	2.553,57	1	2.553,57
								20.573,51
Vendas								
Técnico Vendas	1.000,00		373,00	364,79	642,00	2.379,79	2	4.759,59
								4.759,59
Produção								
Eng. Químico - P. Químicos	2.800,00	840,00	1.357,72	1.021,42	642,00	6.661,14	2	13.322,29
								13.322,29
Obs: Estimativas sem incidências de Horas Extras ou Adicional Noturno								
CUSTO DA FOLHA								38.655,38

Tabela 9 - Folha salarial

Existem outros custos cuja recorrência não é mensal, porém periódica. Esses custos vão desde Assessoria Contábil e Jurídica até Marketing e materiais de limpeza. A estimativa desses custos foram mensalizadas (através de um custo mensal equivalente) com o intuito de simplificar o cálculo de viabilidade econômica.

Diversos (R\$ / Mês)	5.800
Assessoria Jurídica	333
Assessoria Contábil	600
Propaganda e Marketing	1.667
Suprimento & Papelaria	250
Materiais de consumo	100
Materiais de limpeza	50
Verba de representação	2.000
Despesas de viagens	800

Tabela 10 - Despesas Fixos - Parte 3

Estima-se também que haverá uma despesa inicial com certificações no valor de R\$ 12.000,00.

Existem amarras contratuais nos custos apresentados que impedem valores como os de aluguel ou folha salarial de oscilar. Ou seja, os valores apresentados ou são protegidos por contrato ou possuem baixa volatilidade relativa aos demais custos. Portanto, serão tratados como custos sem incertezas associadas.

3.1.7.2 Despesas Variáveis

Os custos variáveis são os custos relacionados à produção. Eles foram convertidos para uma mesma unidade de medida (litros) com o objetivo de construir uma função lucro concisa e coerente com a produção e volume de vendas. Os custos variáveis foram divididos em duas frentes: Nacionais e Importados.

Os custos importados, apesar de serem fixados contratualmente, oscilarão conforme a flutuação cambial do dólar. Seus valores são fixados com o fornecedor, mas são fechados em dólar.

Custos Variáveis Importados (US\$/litro)	10,01
FRETE Internacional	0,13
Tributos	3,49
ADITIVO (FOB)	1,28
COMPONENTE B (FOB)	5,11

Tabela 11 - Custos Variáveis importados

A matéria prima importada é o segredo do negócio, são substâncias nas quais o fornecedor se refere apenas como Componente B + Aditivo e o seu conteúdo não é revelado. Seus valores são fechado em dólar conforme a tabela acima assim como o frete. Os custos de importação (tributos) são percentuais que incidem sobre o valor do produto importado, sua base de cálculo é o valor do produto importado em Dólar convertido em Reais (pagamento em Reais). Conseqüentemente, também oscilarão conforme a flutuação do dólar.

Suas alíquotas foram evidenciadas na tabela a seguir donde foi extraída a relação entre impostos de importação e custo de matéria prima.

Tributos

Base de Cálculo (Comp. B + Aditivo + Frete)/ litro **6,52**

II - Imposto de Importação	14%	0,91
IPI - Imposto Produto Industrializado	5%	0,33
ICMS - Imposto Circulação de Mercadorias e Serviços	25%	1,65
PIS	1,65%	0,11
COFINS	7,60%	0,50
TOTAL US\$ / litro		3,49

Custo Relativo - Percentual sobre o valor do produto importado **53,5%**

Tabela 12 - Tributos de importação

Foi levantada e série histórica do Dólar sobre a qual será realizada uma regressão. Essa regressão terá a finalidade de estimar os parâmetros para a realização de uma simulação de dinâmica atribuindo assim os devidos riscos envolvidos no projeto.

Temos a seguinte série histórica do Dólar:

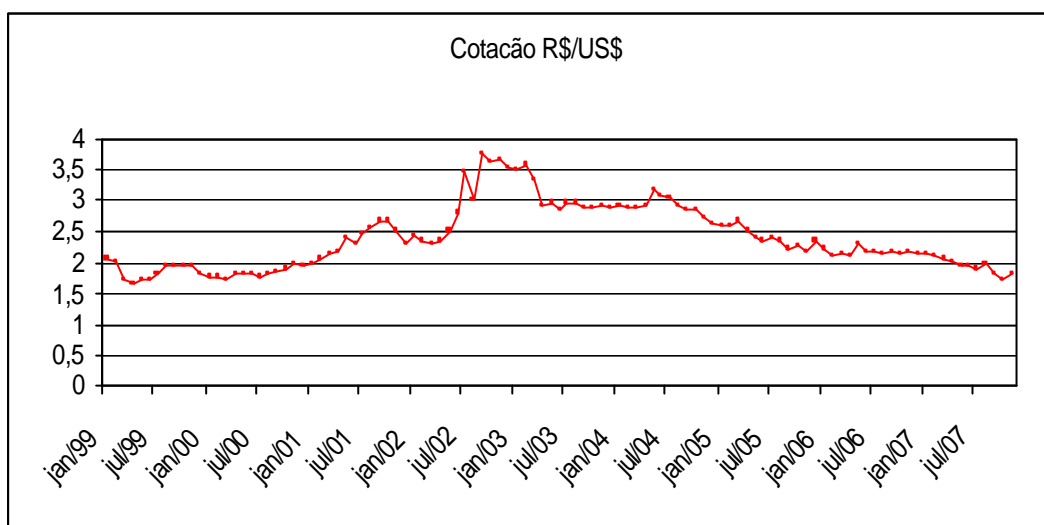


Figura 12- Série histórica do dólar

Já para os custos variáveis nacionais de produção, a seguinte tabela apresenta os valores em reais necessários para a produção de 1 litro do produto acabado.

Custos Variáveis Nacionais (R\$/litro)	10,70
Despesas Operacionais	0,18
Custo da Matéria Prima Local	7,07
Custo de Embalagem	0,73
Custo de produção	2,02
Custo de Envasamento	0,70

Tabela 13 - Custos variáveis nacionais

Além disso, teremos despesa com comissões de **1%** sobre a receita líquida.

Parte dos custos variáveis nacionais apresenta características semelhantes aos custos variáveis importados. As despesas operacionais, o custo da embalagem, o custo de produção e o de envasamento ou são fixos por contrato ou possuem baixa volatilidade relativa aos demais custos. Apenas os custos de matéria prima local apresentam volatilidade considerável.

A tabela a seguir apresenta um desdobramento das composições do custo de matéria prima local.

Custos Variáveis Nacionais

Componente	Custo / kg	Proporção (kg de Produto)	Custo / kg de produto acabado
Epikote 828 - Epoxi	13,16	69,3%	9,12
Cardura E10	15,82	6,7%	1,06
Bentone SD-2	15,73	3,4%	0,53
Dióxido de Titânio	8,32	13,4%	1,12
Cab-O-Sil TS720	52,74	1,2%	0,64
Alumínio em Xileno	18,71	6,0%	1,13
Custo / kg de produto acabado			13,59
Peso Específico (kg/litro de produto acabado)			1,92
Custo / litro de produto acabado			7,07

Tabela 14 - Composição do custo variável de matéria prima local

Foram levantadas as séries históricas dos principais componentes dos custos variáveis nacionais. Assim como mencionado anteriormente, serão realizadas regressões a fim de estimar os parâmetros para uma simulação dinâmica. As séries históricas levantadas convertidas para as unidades utilizadas na análise:

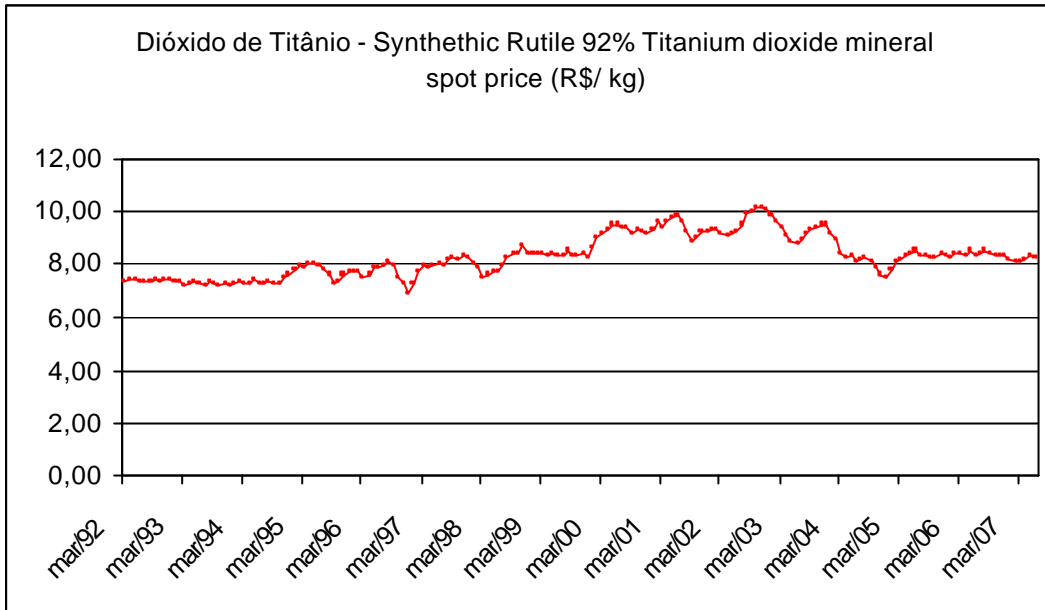


Figura 13 - Série histórica do dióxido de titânio

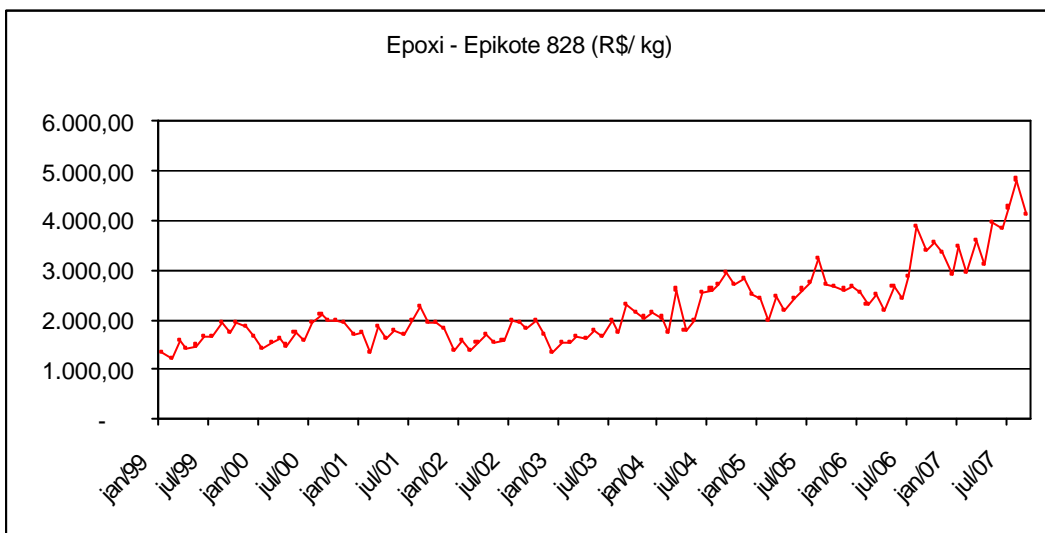


Figura 14 - Série histórica do Epoxi - Epikote 828

Tabela 15 - Impostos incidentes sobre a receita bruta

Como todas as alíquotas de impostos são aplicadas sobre a receita bruta, temos então que:

$$Re\ ceitaLíquida = Re\ ceitaBruta \times (1 - \sum alíquotas)$$

3.2 Regressão dos Parâmetros

Uma regressão busca estabelecer uma relação funcional entre duas variáveis. É uma forma de escrever uma variável em função da outra através de parâmetros. No nosso caso, queremos descrever o comportamento dos insumos ao longo do tempo.

As metodologias mais comuns de simulação de variáveis são o Movimento Geométrico Browniano (MGB) e o Movimento de Reversão à Média (MRM). Aplicando o conhecimento estatístico a seguir é possível estimar os parâmetros para cada um dos movimentos analisando assim qual se aplica melhor a cada variável do modelo.

No Movimento Geométrico Browniano (MGB), seja P_t o preço no instante t . Deve-se primeiramente calcular os logaritmos $\ln(P_t)$ na série histórica.

Se os preços seguem um movimento geométrico Browniano, temos a seguinte equação em tempo discreto:

$$\ln(P_t) = a + \ln(P_{t-1}) + e_t \quad (20)$$

$e_t \sim \text{Normal}(0, s^2)$;

Logo temos os parâmetros de volatilidade e drift:

$$s^2 = \text{Var} \left[\frac{\ln(P_t)}{\ln(P_{t-1})} \right]$$

$$a = \sum_{t=1}^n \left(\frac{\ln(P_t)}{\ln(P_{t-1})} \right) + \frac{s^2}{2}$$
(21)

O MGB pode ser testado ao se verificar se o coeficiente de $\ln(P_{t-1})$ é unitário nessa regressão.

Sendo assim, de uma forma mais genérica temos o Movimento de Reversão à Média como uma extensão do método apresentado anteriormente.

$$\ln(P_t) = a + b\ln(P_{t-1}) + e_t$$
(22)

Ao invés de estipular o coeficiente b como sendo de valor unitário, deixamos este livre para que a regressão determine o seu valor. Se $0 < b < 1$, temos indícios de um Movimento de Reversão à Média.

Fazendo a regressão $[\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})]$ contra $\ln(P_{t-1})$ temos:

$$\ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = a + (b - 1)\ln(P_{t-1}) + e_t$$
(23)

Os parâmetros de Movimento de Reversão à Média são então calculados através das fórmulas de Dixt & Pindyck (p. 77) corrigidas por Dias.

$$s = s_e \sqrt{\frac{2 \ln(b)}{b^2 - 1}}$$

$$h = -\ln(b)$$

$$\bar{P} = \exp \left[\frac{(a + 0,5s^2)}{(1-b)} \right]$$
(24)

Através das fórmulas descritas acima, se a regressão $[Ln(P_t) - Ln(P_{t-1})]$ contra $Ln(P_{t-1})$ retornar a inclinação da reta for próxima de zero, não se pode rejeitar a hipótese de MGB. Porém, se a inclinação for negativa, temos indício de MRM.

Temos os seguintes resultados:

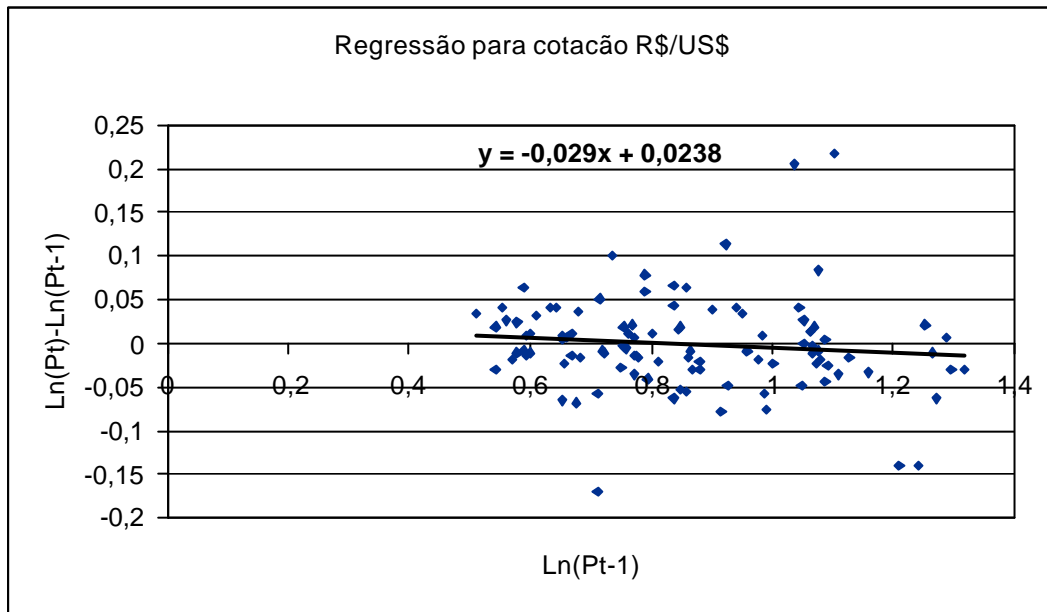


Figura 16 - Regressão para cotação R\$/US\$

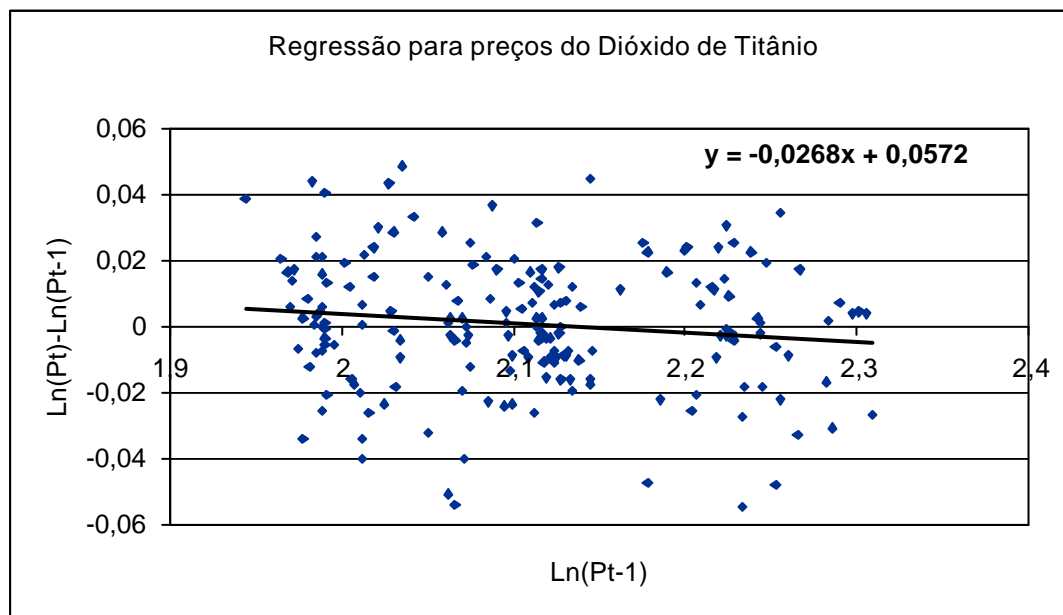


Figura 17 - Regressão para Dióxido de titânio

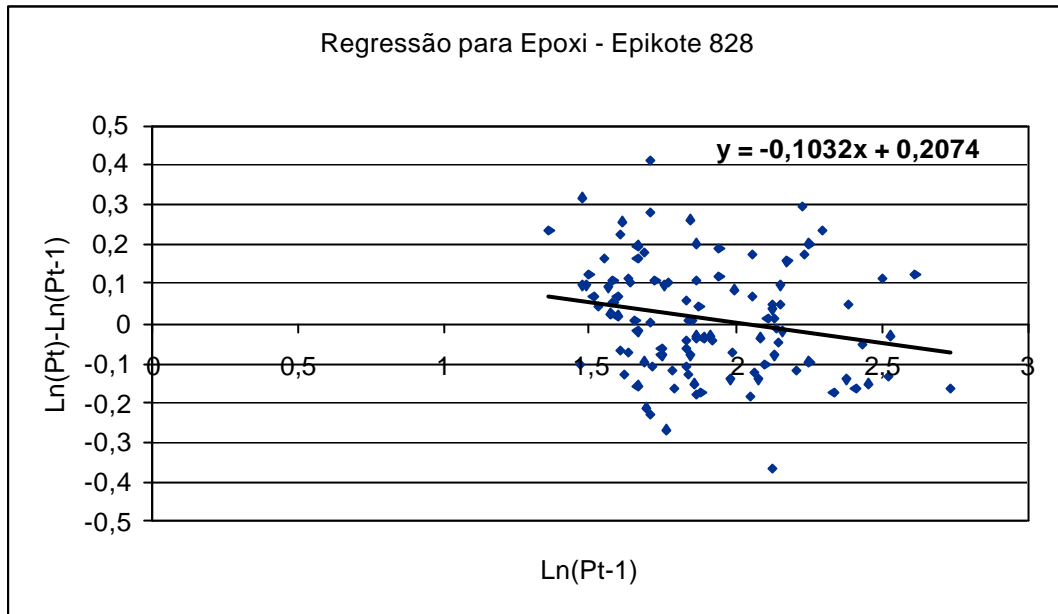


Figura 18 - Regressão para Epoxi - Epokote 828

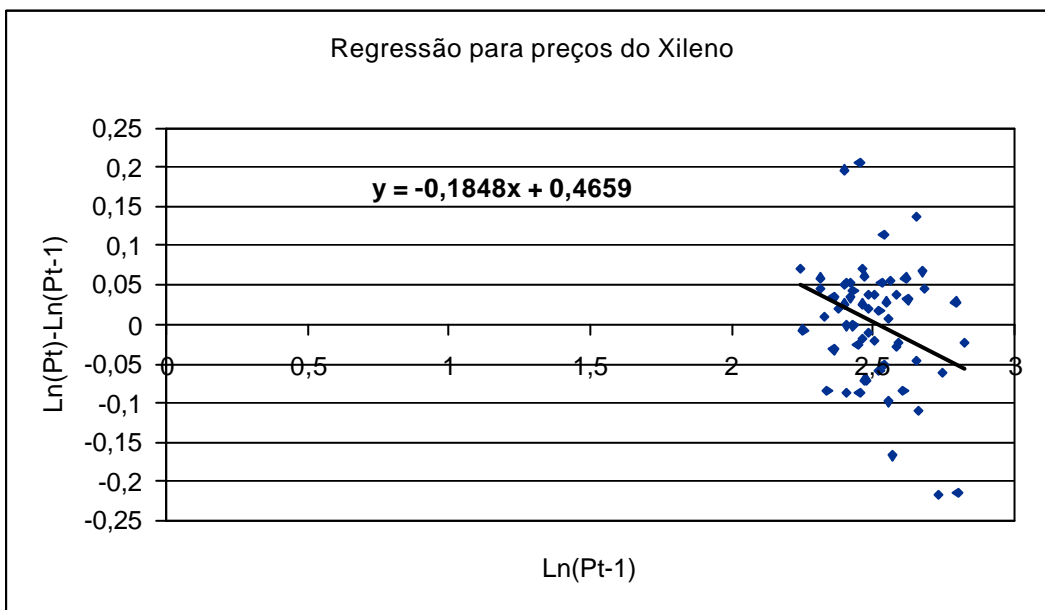


Figura 19 - Regressão para Xileno

Observando os parâmetros das regressões, temos indícios do MRM uma vez que encontramos inclinações negativas.

Parâmetros do Movimento de Reversão à Média (MRM)

Variáveis	Velocidade de Reversão à Média	Volatilidade	Média de Longo Prazo
Cotação R\$/US\$	3.74	0.15	2.40
Dióxido de Titânio	2.86	0.05	8.23
Epoxi - Epikote 828	1.57	0.25	8.83
Xileno	0.76	0.11	12.41

Tabela 16 - Parâmetros do MRM

3.3 Modelagem da opção de investimento em informação

A modelagem da opção de investimento em informação está presente na elaboração/estratégia da entrada no mercado em duas fases. Ou seja, a fase 1 por si só já é uma opção de investimento na revelação da informação. A operação sob supervisão evita imediatos investimentos pesados e permite ao gestor do projeto conhecer e testar o mercado e a sua resposta ao produto disponibilizado. A fase 1 permitirá identificar oportunidades e fraquezas do projeto e caso revele uma falta de atratividade, possui baixas barreiras de saída.

3.4 Modelagem da opção de expansão e retração

Em um modelo de negócio flexível como este foi concebido, a opção de expansão ou retração está presente na ordem de compra dos lotes de matéria prima importada. Existe um lote padrão (carga transportada em um container) de matéria prima importada que após o processo de produção resulta em 21.000 litros de produto acabado. Ou seja, as ordens de compra em litros devem ser realizadas em múltiplos de 21.000 da demanda. Desta forma, conforme ocorra o crescimento ou retração da demanda, o número de lotes da ordem de compra será adequado para satisfazer as necessidades de mercado.

Formaremos um saldo que acompanhe o mercado. Caso o nível de demanda esteja pequeno, a opção de retração será exercida, o que gerará ordens de compra mais espaçadas aproveitando assim o saldo disponível.

		Lote Padrão										
		21.000										
Mês	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Demanda		50.000	50.000	50.000	20.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	
Saldo	0	21.000	13.000	5.000	18.000	19.000	11.000	3.000	16.000	8.000	0	
Ordem de Compra	1	2	2	3	1	2	2	3	2	2	3	



Figura 20 - Exemplo de Opção de Retração

Por outro lado, caso a demanda venha a atingir níveis superiores ao de um lote, a opção de expansão será exercida elevando a ordem de compra para mais de um lote.

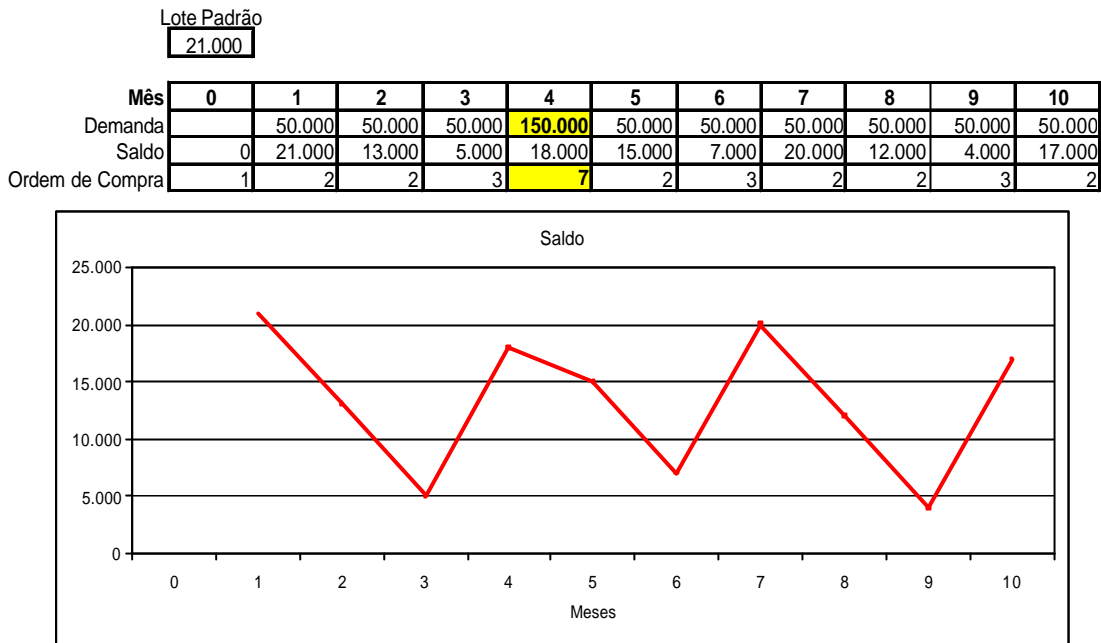


Figura 21 - Exemplo de Opção de Expansão

Segundo as expectativas de mercado, a tecnologia encontra-se em crescimento com as tendências já evidenciadas. As projeções de ordens de compra acompanharão essa curva e devido a flexibilidade de adequação dos pedidos, teremos o estoque de matéria prima otimizado.

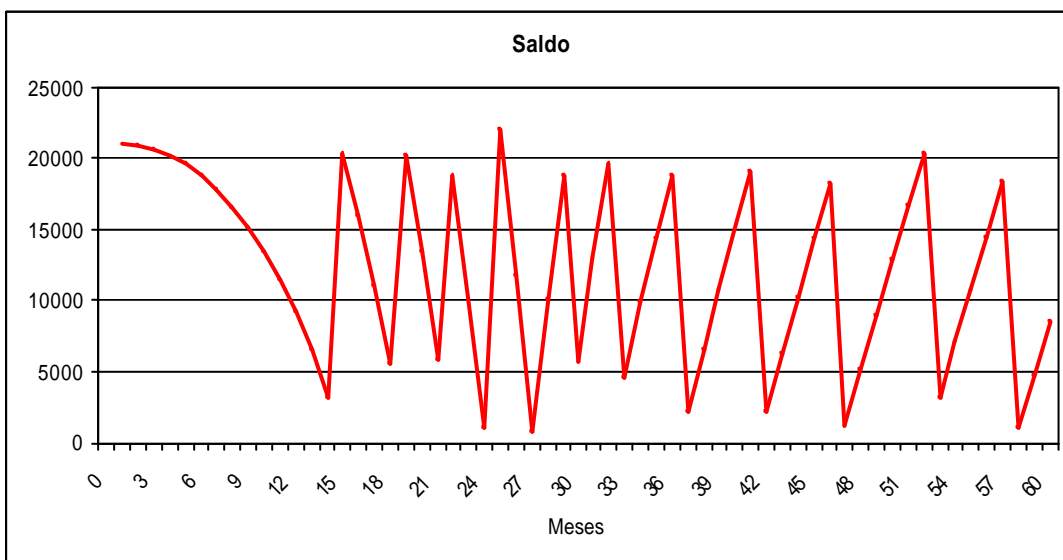


Figura 22 - Saldo de estoque de matéria prima

Podemos observar que no início da operação, quando a empresa ainda não possui penetração de mercado, não existe a necessidade de

compras regulares. A opção de retração de pedidos é então exercida. Com o passar do tempo, conforme o nível de vendas sobe, as ordens de compra tornam-se mais regulares e freqüentes. É a adequação dos pedidos ao nível de demanda de mercado.

3.5 Modelagem da opção de parada temporária

Conforme dito anteriormente, o administrador não precisa produzir durante todo o tempo da vida de um projeto. Existem duas situações que podem resultar no exercício da opção de parada temporária. No primeiro caso, se os preços líquidos caírem abaixo dos custos variáveis de produção, não é interessante para o gestor do projeto continuar a produzir. Ele estaria aumentando o prejuízo a cada unidade produzida. Portanto, mesmo que existam custos fixos, é mais interessante amargar o prejuízo dos mesmos do que aumentá-lo produzindo unidades com margens negativas.

No segundo caso, aplicável ao estudo em questão, em cenários onde os custos variáveis venham a subir acima dos preços líquidos é incoerente continuar produzindo. Da mesma forma estaríamos incrementando o fluxo de caixa negativamente a cada unidade produzida.

Logo, a modelagem da opção de parada temporária na função de produção pode ser representada da seguinte forma:

$$\text{MÁXIMO}(\text{Preço Líquido} - \text{Custos Variáveis}; \text{ZERO}) \times \text{Quantidade}$$

Para efeito de modelagem de parada temporária, não será considerado o custo do lote compondo o gatilho de exercício. Será considerada uma composição de custos variáveis proporcionais à demanda, ou seja, o quanto daquele lote está apropriado à produção daquele mês. Dessa forma temos um melhor controle das situações onde

o custo variável de fato supera o preço líquido e deixamos de acionar o gatilho de forma indevida.

3.6 Modelagem da opção de abandono

Abandonar um projeto é uma decisão que deve ser tomada quando o valor residual dos equipamentos supera as expectativas de fluxo de caixa de um projeto. É uma difícil decisão a ser tomada uma vez que os fluxos de caixa futuro são incertos. Mesmo se um determinado projeto está gerando fluxos negativos, a sorte pode virar e o projeto a valor presente pode superar o valor dos equipamentos. No entanto, apostar na continuidade da empresa com o intuito de desfrutar de melhores cenários pode ser arriscado uma vez que o panorama pode piorar ainda mais.

Os investimentos contidos nesse projeto não são específicos, são em sua maioria materiais de escritório, de medição e informática. Portanto, trata-se de investimentos com alto grau de reaproveitamento e conseqüentemente liquidez. Logo, em cada instante de tempo, será comparado o valor residual contábil desses investimentos com a expectativa de fluxos de caixa remanescente do projeto.

Dessa forma, tendo como base a visão de um indivíduo neutro ao risco, a opção de abandono será exercida no momento que for mais vantajoso realizar a venda dos equipamentos do que continuar nesse ramo de negócios.

3.7 Função Lucro & Função Fluxo de Caixa Livre

A partir das regras e características de negócios, regras contábeis e conceitos financeiros, foi elaborada uma função lucro e uma função fluxo de caixa. Esta função fluxo de caixa trazida a valor presente resulta no VPL do projeto.

As seguintes regras e características foram modeladas:

A receita líquida em cada instante de tempo é encontrada a partir da receita bruta descontada dos impostos inerentes ao modelo já apresentados anteriormente.

	Receita Bruta
5%	IPI
19%	ICMS
0,65%	PIS
3,00%	COFINS
	Receita Líq

$$ReceitaLíquida_t = ReceitaBruta_t \times (1 - \sum alíquotas)$$

Já para as despesas variáveis, as despesas relacionadas a produção, consideramos a natureza estocástica intrínseca em sua existência. Dessa forma, temos em cada instante de tempo (t) a relação entre custos variáveis e a produção.

Para a matéria prima importada, será solicitado um lote ou mais todas as vezes que o saldo for inferior a demanda do mês corrente. Conforme explicado anteriormente, os pedidos são realizados em lotes de 21.000 litros de matéria prima importada (capacidade de um container). Logo, este número de pedido relacionado ao lote deve ser um inteiro. Não há como pedir um número fracionado de um lote. (exemplo 1,3 lotes). Então, o número de lotes solicitado será igual ao menor número inteiro da

relação $\frac{(Demanda - Saldo)}{Lote_Padrão}$. Temos:

$$\left(\text{CustoLote}_{\text{importado}} \times \text{Dolar}_t \right) \times \frac{(\text{Demanda} - \text{Saldo})}{\text{LotePadrão}}$$

A metéria prima Nacional possui uma relação direta entre a produção e a demanda. Sendo $Custo_{i,t}$ o custo do insumo i no tempo t , teremos como custo variável nacional.

$$\sum_{i=1}^n C_{i,t} \times \text{Demanda}$$

Ainda nos custos variáveis, temos o comissionamento dos técnicos de venda que são remunerados em 1% da receita líquida.

Após a retirada do custo fixo composto pela folha salarial e despesa de locação, telefonia dentre outras, encontramos o lucro antes do imposto de renda e depreciações (EBITDA).

Dado que a vida útil dos equipamentos é de cinco anos, foi modelada a depreciação como $\frac{\text{Investimento}}{12 \times 5}$ a partir do mês subsequente ao investimento e perdurando por um período de cinco anos.

Temos então o pagamento do IRPJ e da Contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL) totalizando os impostos em 34% e formando assim o NOPAT (net operating profit after taxes). Após realizar os ajustes do retorno da depreciação (despesa contábil, não é uma despesa efetiva de caixa), variação do capital de giro e contemplar os investimentos realizados no instante t , encontramos o Fluxo de caixa que trazido a valor presente pela taxa ajustada ao risco nos dá o valor presente líquido.

Portanto, uma vez evidenciado todas as regras e particularidades, encontramos a função fluxo de caixa livre através da fórmula a seguir:

$$FCL_t = NOPAT + Depreciação - \Delta CG - Inv_t$$

$$FCL_t = [EBIT] \times (1 - 34\%) + Depreciação - \Delta CG - Inv_t$$

$$FCL_t = \left[R_B \times \left(1 - \sum_{i=1}^n A_i \right) \times (1 - A_c) - (CL \times D_t) \times \left(\frac{Q_t - E_t}{LP} \right) - \sum_{j=1}^n (C_{j,t} \times Q_t) - CF - \frac{Inv}{12 \times VU_{Inv}} \right] \times (1 - 34\%) + \frac{Inv}{12 \times VU_{Inv}} - \Delta CG - Inv_t$$

com a opção de parada temporária temos:

$$FCL_t = \left[\text{Máximo} \left(R_B \times \left(1 - \sum_{i=1}^n A_i \right) \times (1 - A_c) - (CL \times D_t) \times \left(\frac{Q_t - E_t}{LP} \right) - \sum_{j=1}^n (C_{j,t} \times Q_t); 0 \right) - CF - \frac{Inv}{12 \times VU_{Inv}} \right] \times (1 - 34\%) + \frac{Inv}{12 \times VU_{Inv}} - \Delta CG - Inv_t$$

ONDE:

R_B	Receita Bruta (Demanda no instante t x Preço Bruto)
A_i	Alíquota i de Imposto direto
A_c	Alíquota de Comissionamento
CL	Custo do Lote de matéria prima importada
D_t	Variável estocástica - Cotação R\$/US\$ no instante t
R_B	Receita Bruta
Q_t	Demanda no instante t
E_t	Saldo de Estoque no tempo t
LP	Lote Padrão
$C_{j,t}$	Variável estocástica - Custo variável j no instante t
CF	Custos Fixos
Inv	Investimento total
VU_{Inv}	Vida útil do investimento (5 anos)
CG	Capital de Giro

Inv_t Investimento no instante t

Uma representação dos três primeiros meses do D.R.E pode ser observada a seguir:

DRE		0	1	2	3
	Receita Bruta	0	6.080	12.896	20.462
5%	IPI	0	304	645	1.023
19%	ICMS	0	1.155	2.450	3.888
0,65%	PIS	0	40	84	133
3,00%	COFINS	0	182	387	614
	Receita Líq	0	4.399	9.330	14.804
	Custo de Produção Nacional	0	1.026	3.362	5.331
	Custo de Produção Importada		413.991	0	0
	Folha Salarial		38.655	38.655	38.655
	Sala Comercial + Conc + Outros	12.000	9.760	9.760	9.760
1,00%	Comissões	0	44	93	148
	EBITDA	-12.000	-459.077	-42.540	-39.090
	Depreciação		1.724	1.724	1.724
	EBIT	-12.000	-460.800	-44.264	-40.813
34%	IR	-4.080	-156.672	-15.050	-13.877
	NOPAT	-7.920	-304.128	-29.214	-26.937
	Invest	103.420			
16,7%	Capital de Giro	0	735	1.558	2.472
	Investimento Líq	103.420	735	823	914
	FCL	-111.340	-303.139	-28.314	-26.127
0,57%	FCL D	-111.340	-301.435	-27.997	-25.689
	FCL D Acum	-111.340	-412.775	-440.771	-466.461

Tabela 17- DRE do projeto

A tabela acima é uma representação do DRE que gerará o fluxo de caixa. Nele foram modeladas as regras contábeis contidas na legislação brasileira para uma empresa. Também foram modeladas as regras e os gatilhos que acionam as opções reais. A opção de parada temporária, por exemplo, será exercida ao se comparar a margem proveniente da receita líquida menos os custos variáveis e o valor zero (interromper a produção). Portanto, é preverível amargar os custos fixos à incrementar negativamente o fluxo de caixa com cada unidade produzida.

3.8 Taxa de Desconto e processo Neutro ao Risco

Conforme dito anteriormente, para descontos de fluxos de caixa, é necessário que seja utilizada a taxa de desconto ajustada ao risco. Encontrar essa taxa ajustada ao risco se torna extremamente difícil quando o modelo contempla opções. Com o intuito de contornar esse problema, a Simulação de Monte Carlo será realizada com base num processo neutro ao risco (processo mais indicado para valorar opções e derivativos). Além disso, existem outras vantagens operacionais em utilizar a simulação neutra ao risco ao invés da simulação real.

O exemplo a seguir ilustra a simulação de um caminho de duas formas diferentes, processo Real e o processo Neutro ao Risco. Pode-se facilmente observar como a simulação neutra ao risco é mais conservadora do que a simulação Real. O valor presente do caminho simulado pelo processo real pela taxa ajustada ao risco é equivalente ao valor presente do processo neutro ao risco pela taxa livre de risco.

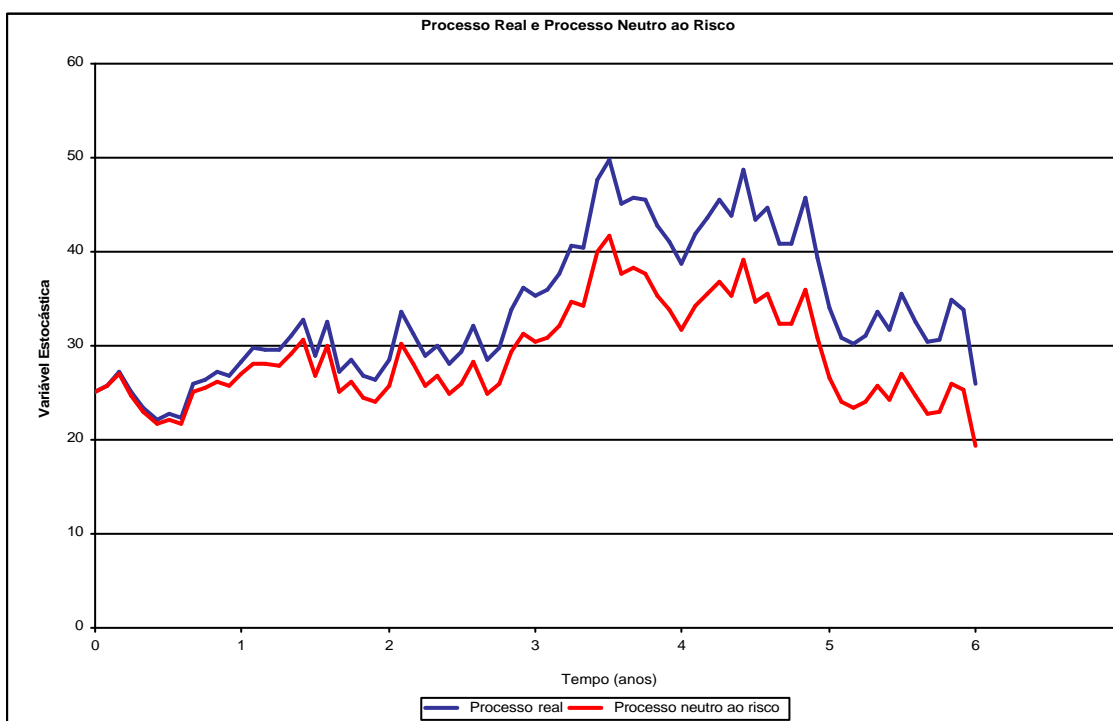


Figura 23 - Exemplo de simulação de um processo real e um processo neutro ao risco

A taxa livre de risco foi calculada a partir do T-Bond americano de 5 anos ajustado pela inflação Brasileira e inflação dos EUA. O valor do T-Bond Americano foi retirado do site da Bloomberg enquanto as inflações Brasileira e Americana foram retiradas do site do Banco Central do Brasil e do site Inflationdata.com respectivamente. Os ajustes foram realizados através do seguinte método:

$$Rf_{BR} = \left[(1 + (Rf_{EUA} + RP_{BR})) \times \frac{(1 + I_{BR})}{(1 + I_{EUA})} \right] - 1$$

Donde:

Rf_{BR}	Taxa livre de risco Brasil
Rf_{EUA}	Taxa livre de risco dos EUA
RP_{BR}	Risco País Brasil
I_{BR}	Inflação Brasil
I_{EUA}	Inflação EUA

Sendo:

Rf_{EUA}	4,25% aa
RP_{BR}	2% aa
I_{BR}	4,5% aa
I_{EUA}	3,5% aa

Temos que a taxa livre de risco Brasileira é 7,28% aa

3.9 Simulação do Movimento de Reversão a Média

A implementação dos 4 passos básicos de uma Simulação de Monte Carlos foram desenvolvidos para um processo de reversão à média específico do estudo de caso. Relembrando os passos:

1. **Simular caminhos aleatórios para os fatores de risco do problema, ou seja, as variáveis do problema que apresentam uma distribuição conhecida de resultados.**
2. **Avaliar os resultados de cada caminho aleatório segundo as especificidades de cada efeito ou consequência da variável.**
3. **Realizar o cálculo do valor esperado do projeto através de um cálculo da média dos valores obtidos na etapa 2.**
4. **Calcular o valor presente do projeto que foi obtido na etapa 3.**

No **passo 1**, como previsto, mapeamos os fatores de risco. Identificamos que os mesmos encontram-se nos custos variáveis de produção, tanto o de matéria prima importada como os de matéria prima nacional. Suas relações com a receita e a demanda também já foram identificadas conforme explicado anteriormente. Logo, considerando o processo de reversão à média a seguir e sua respectiva solução com a integral estocástica (26), temos:

$$dx = h(\bar{x} - x)dt + s dz \quad (25)$$

$$x(T) = x(0)e^{-hT} + \bar{x}(1 - e^{-hT}) + s e^{-hT} \int_0^T e^{-ht} dz(t) \quad (26)$$

Onde:

h Velocidade de Reversão à média

$x(t)$ Possui distribuição normal sendo $E[x(T)] = x(0)e^{-hT} + \bar{x}(1 - e^{-hT})$ a média de $x(t)$ e $Var[x(T)] = [1 - e^{-2hT}]s^2 / (2h)$ a variância de $x(t)$

Para tornar possível a simulação de vários períodos à frente no tempo (horizonte de análise de 60 meses), foi utilizada uma discretização do processo estocástico tal que a precisão independe do Δt ($x(t)$ em função de $x(t-1)$).

A simulação neutra ao risco é então realizada com base na seguinte equação (No anexo II deste documento, pode-se observar como tal fórmula foi aplicada à planilha Excel):

$$P(t) = \exp \left\{ [\ln P(t-1)] \exp[-h\Delta t] + [\ln(\bar{P})](1 - \exp[-h\Delta t]) - \left[(1 - \exp[-2hT]) \frac{s^2}{4h} \right] + s \sqrt{\frac{1 - \exp[-2h\Delta t]}{2h}} N(0,1) \right\}$$

Com base no apresentado, foram modelados os caminhos (paths) de acordo com os parâmetros encontrados nas regressões. A figura abaixo é um exemplo da simulação dos três primeiros meses da variável Dióxido de Titânio.

		Dt	0	1	2	3
		0,083	0	1	2	3
Dióxido de Titânio	P0	8,3160	0,00	0,08	0,17	0,25
	Volatilidade (s) aa	0,60	-0,0919862	-0,3707462	0,4937556	-0,1514186
	Reversion Speed h aa	2,86	2,12	2,05	2,14	2,10
	Long-run (real) mean price	8,23	8,32	7,71	8,30	7,99
			Δt			
			$\sim N(0,1)$			
			MRM Neutral $x(t)$			
			MRM Neutral $p(t)$			

Figura 24 - Exemplo de Simulação de caminho da variável Dióxido de Titânio

O mesmo procedimento foi aplicado às demais variáveis estocásticas gerando assim caminhos aleatórios que seguem distribuições conhecidas de probabilidades. A figura a seguir mostra um exemplo dos três primeiros meses das variáveis estocásticas em questão.

		Dt	0.083	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08
Cotação R\$/US\$	P0	1,7962	Δt	0.00	0.08	0.17	0.25
	Volatilidade (s) aa	0,15	$\sim N(0,1)$	-0.050515	-1.977709	0.286524	-1.071267
	Reversion Speed ^h aa	3,74	MRM Neutral x(t)	0.59	0.59	0.67	0.68
	Long-run (real) mean price	2,40	MRM Neutral p(t)	1.80	1.80	1.95	1.97
Dióxido de Titânio	P0	8,3160	Δt	0.00	0.08	0.17	0.25
	Volatilidade (s) aa	0,05	$\sim N(0,1)$	0.154974	0.979627	0.598561	-0.176058
	Reversion Speed ^h aa	2,86	MRM Neutral x(t)	2.12	2.12	2.12	2.11
	Long-run (real) mean price	8,23	MRM Neutral p(t)	8.32	8.35	8.34	8.26
Epoxi - Epikote 828	P0	13,1639	Δt	0.00	0.08	0.17	0.25
	Volatilidade (s) aa	0,25	$\sim N(0,1)$	0.654311	0.599409	1.674769	-2.105184
	Reversion Speed ^h aa	1,57	MRM Neutral x(t)	2.58	2.56	2.63	2.42
	Long-run (real) mean price	8,83	MRM Neutral p(t)	13.16	12.96	13.76	11.20
Xileno	P0	18,71	Δt	0.00	0.08	0.17	0.25
	Volatilidade (s) aa	0,11	$\sim N(0,1)$	0.849918	-1.028781	-1.562041	-0.097826
	Reversion Speed ^h aa	0,76	MRM Neutral x(t)	2.93	2.87	2.79	2.77
	Long-run (real) mean price	12,41	MRM Neutral p(t)	18.71	17.59	16.34	15.92

Figura 25 – Exemplo dos 3 primeiros meses de simulação das variáveis estocásticas

A seguir, podemos observar exemplos dos caminhos gerados para todas as variáveis estocásticas ao longo de toda a vida do projeto (horizonte de análise):

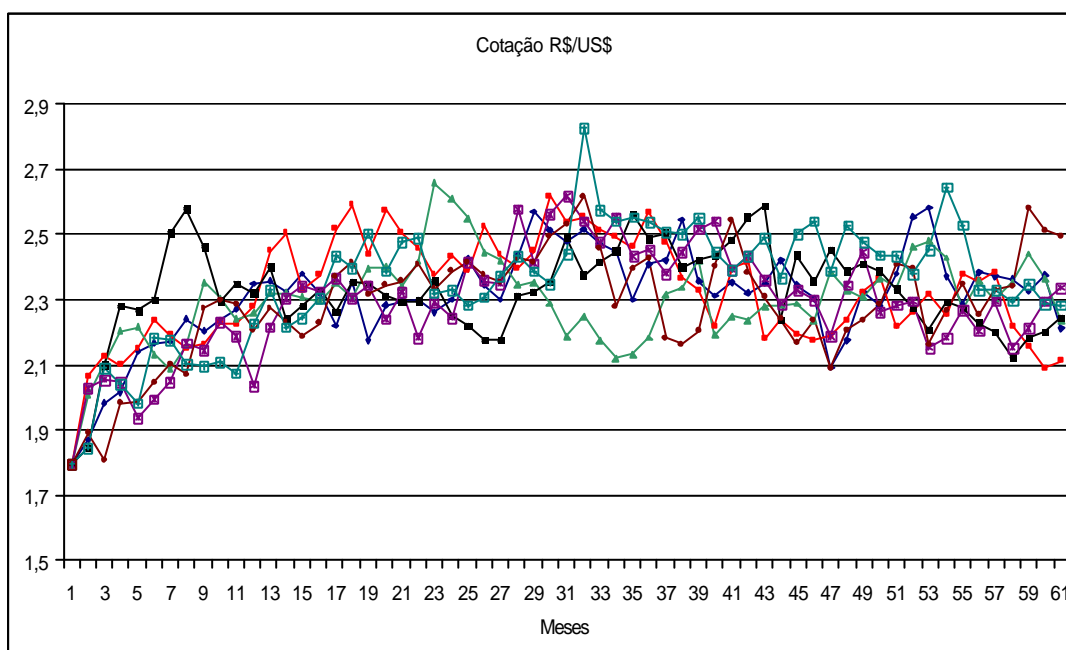


Figura 26 - exemplos de paths da cotação do R\$/US\$

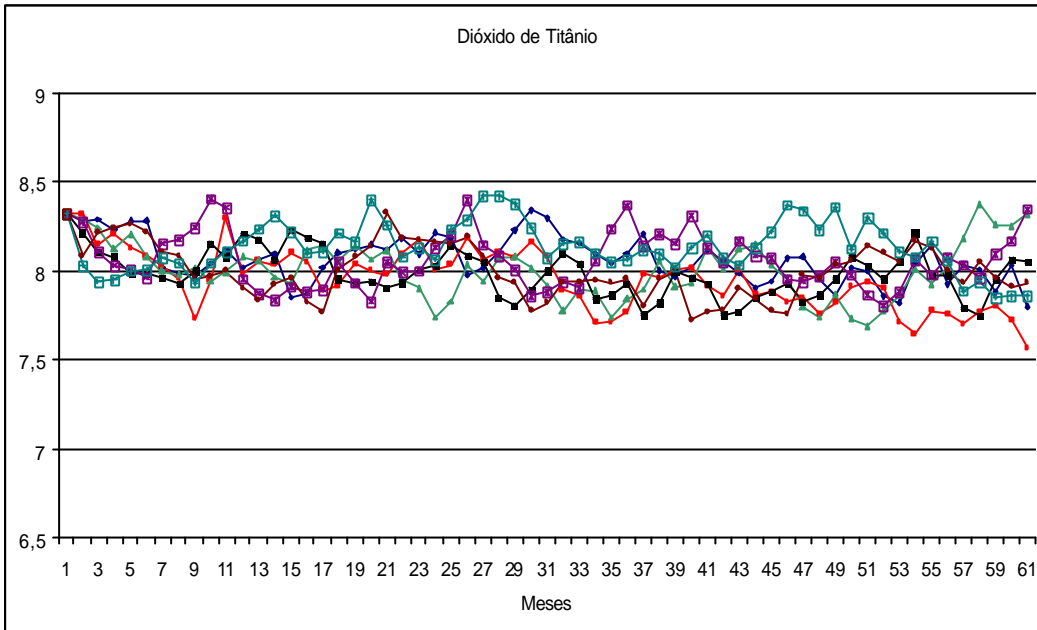


Figura 27 - exemplos de paths do custo do Dióxido de Titânio

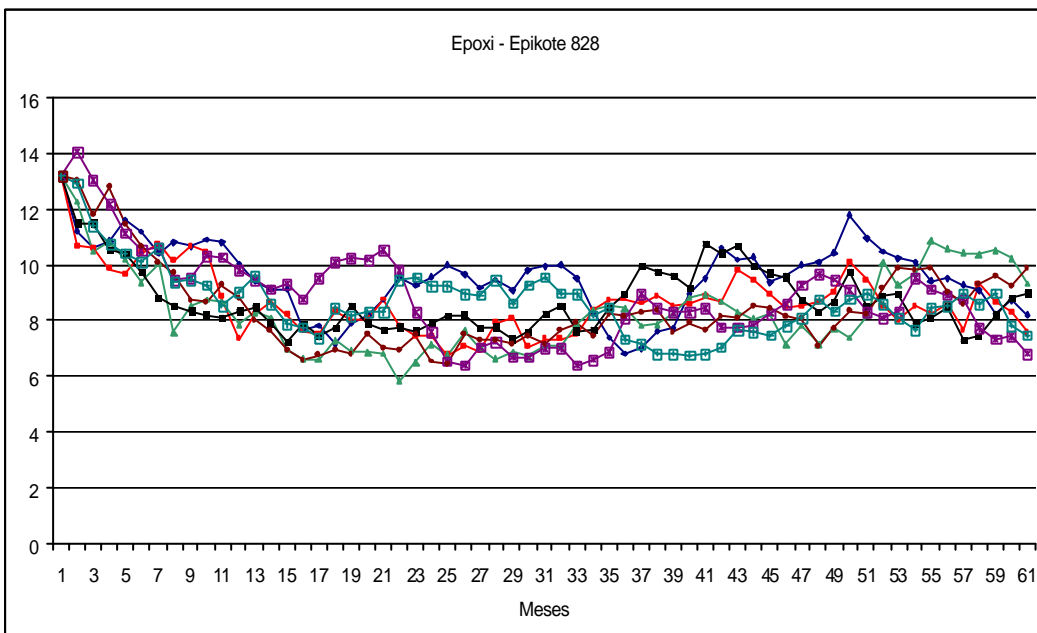


Figura 28 - exemplos de paths do custo Epoxi -Epikote 828

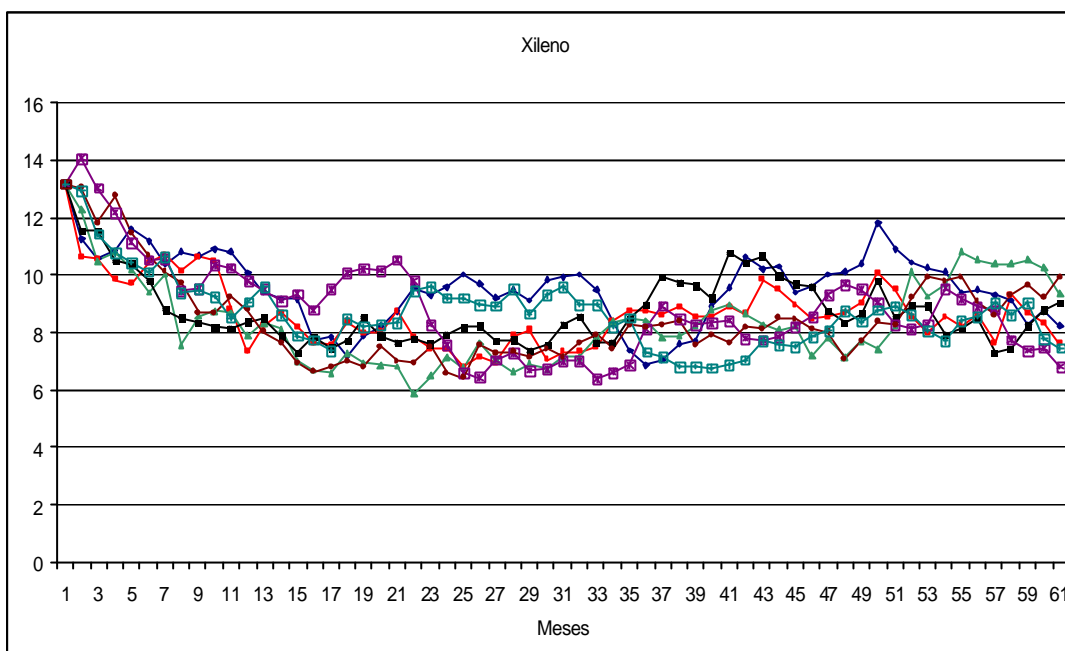


Figura 29 - exemplos de paths do custo Xileno

Já no **passo 2**, avaliaremos os efeitos e impactos das variáveis estocásticas simuladas naquele período e de acordo com a aplicação de cada gatilho, será possível observar os benefícios da aplicação das opções reais. A opção de parada temporária, por exemplo, terá o seu gatilho acionado quando os custos variáveis superarem a receita líquida daquele mês naquela simulação.

Esses caminhos (*Paths*) afetam a estrutura de custo e conseqüentemente o fluxo de caixa livre, o qual simulado (SMC) e trazido a valor presente à taxa adequada, taxa livre de risco no caso, nos retorna o VPL do projeto. O valor de fluxo de caixa livre apropriado a cada mês é encontrado ao se retirar o valor esperado das diversas iterações já contemplando os efeitos das opções reais em cada mês (**passo 3**). Para o projeto em questão, são simulados e avaliados 60 fluxos de caixa livre, um para cada mês.

Para ilustrar os benefícios mencionados, são apresentados a seguir os resultados das simulações dos fluxos de caixa do primeiro mês em um histograma, sem considerar as opções reais.

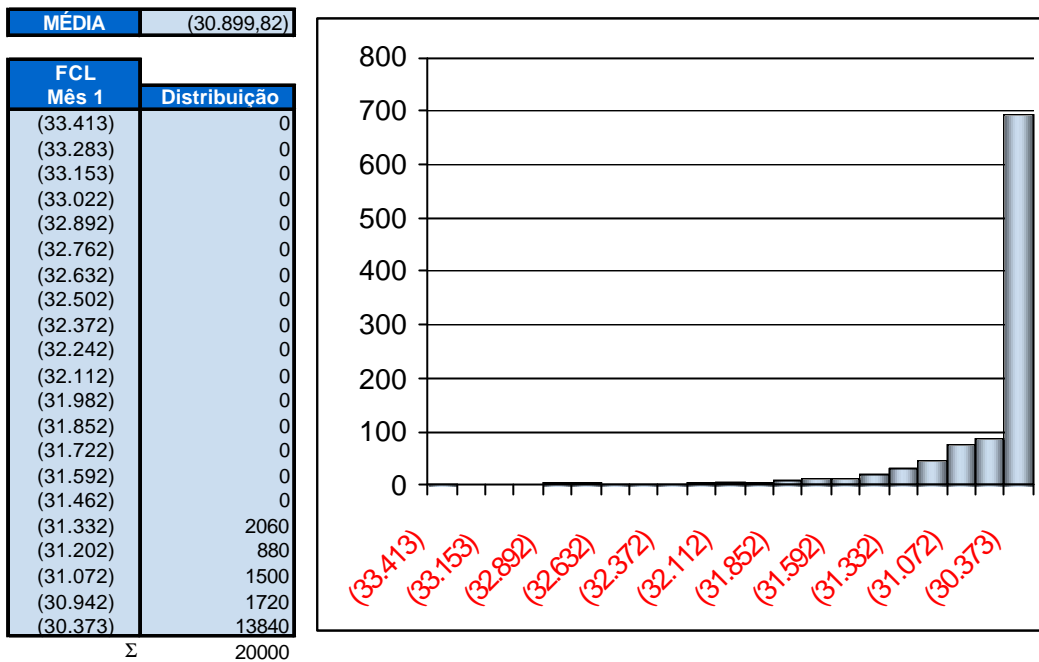


Figura 30 - FCL do mês 1 sem as opções reais

Podemos observar que no mês 1 a empresa ainda tem valor esperado de fluxo de caixa negativo (média das simulações). Isto se deve principalmente por ainda não ter conquistado mercado suficiente para que sua receita supere os custos fixos. O valor esperado de FCL para este período é a média das 20.000 iterações apresentadas acima, ou seja,

R\$ -30.859,69.

A seguir temos o mesmo período, primeiro mês analisado com os efeitos e benefícios da opção de parada temporária.

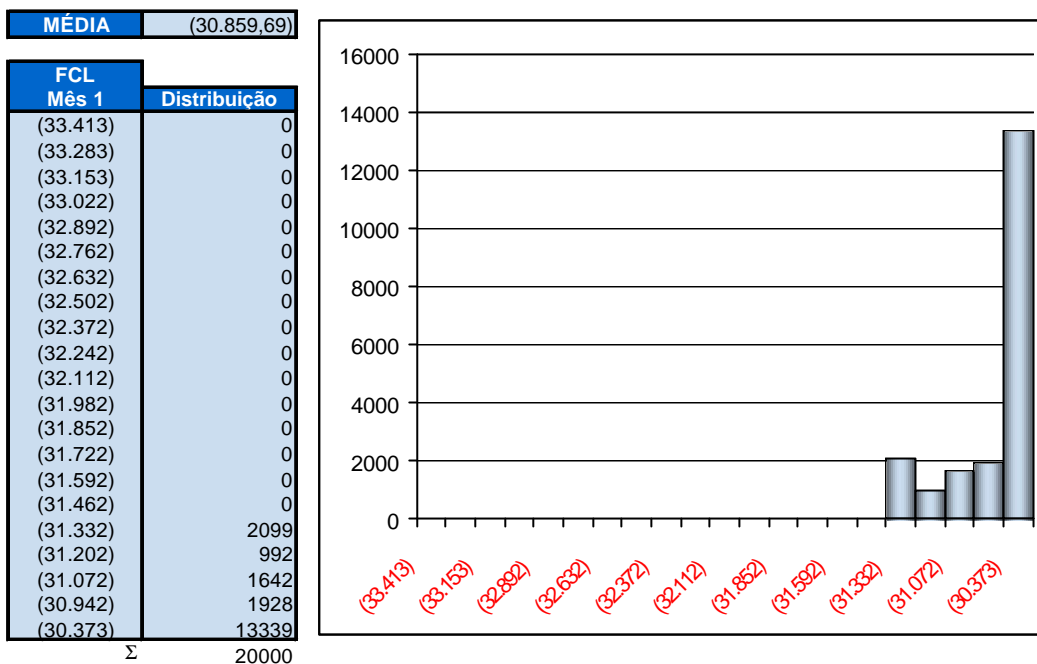


Figura 31 - FCL do mês 1 com a opção de para temporária

A assimetria resultante do exercício das opções reais pode ser observada no histograma apresentado acima (Figura 30 - FCL do mês 1 com a opção de parada temporária). O benefício da opção real não foi suficiente para reverter o fluxo de caixa. De fato, a operação e a penetração de mercado ainda é muito prematura. Porém, ao se encontrar o valor esperado do FCL através da média das 20.000 iterações, já podemos observar algum ganho derivado das ações gerenciais.

$$ValorOpções_{mês1} = FCL_{comopções1} - FCL_{semopções1}$$

O valor da opção para o FCL do mês 1 é de apenas R\$ 40,13

Analisando a operação já em um estado mais maduro, final do terceiro ano de operação, já temos uma massa crítica de produção. As opções já começam a exercer um papel vantajoso na gestão do negócio e conseqüentemente refletem na melhora dos resultados obtidos no fluxo de caixa livre.

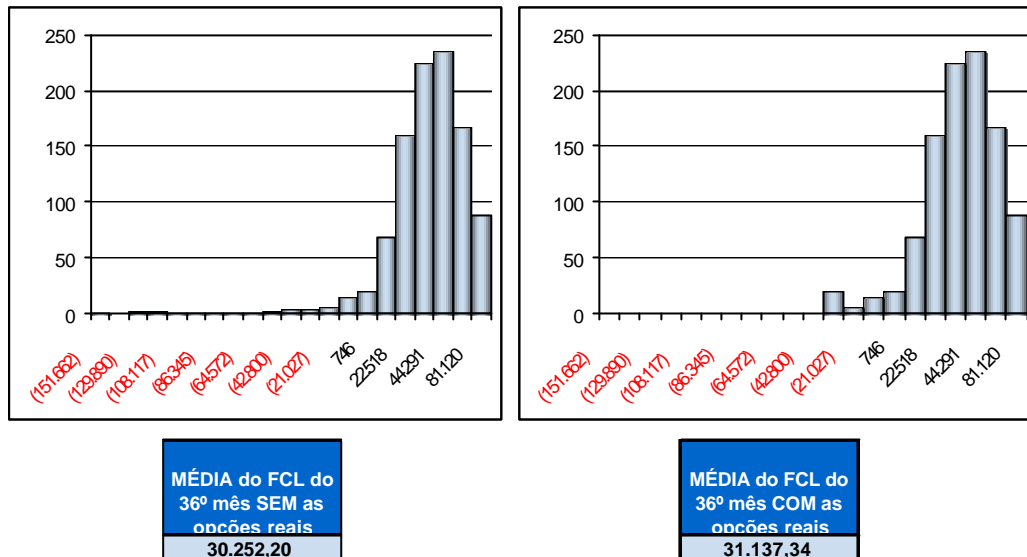


Figura 32 - FCL do mês 36 e o efeito das opções

Na figura acima, podemos observar o valor adicionado pelas ações gerenciais. Afinal de contas, a implantação de um negócio não é apenas uma decisão binária, existe um acompanhamento e uma série de tomadas de decisão ao longo do projeto que podem adicionar valor. Essas decisões serão tomadas conforme as informações são reveladas, permitindo assim a condução do projeto em um melhor caminho do que apenas assisti-lo passivamente. A análise deste mês revela o valor adicionado pelas opção de R\$ 885,13.

Por fim temos o **passo 4** da Simulação de Monte Carlo. De posse das médias dos fluxos de caixa livres encontradas nas simulações de cada mês, encontramos o vpl do projeto ao descontar cada média à taxa livre de risco.

4 Análise dos Resultados das simulações e demais opções reais

Conforme mencionado anteriormente, a viabilidade econômica do projeto foi calculada através de simulação (SMC) da função lucro apresentada. Foram gerados caminhos aleatórios com base nas distribuições de probabilidade calculadas para os diversos insumos que apresentam comportamento dinâmico. Sua repercussão foi observada nas médias da função lucro simulada em cada mês e conseqüentemente no somatório dos fluxos de caixa descontados à taxa livre de risco.

Apesar do método do valor presente líquido (VPL) em sua forma clássica ser atualmente o critério mais utilizado por analistas para decisão de investimento, podemos perceber que o mesmo não captura diversos benefícios de uma gestão ativa.

Apresentamos a seguir os resultados das simulações e os benefícios da utilização da metodologia de avaliação por ativos contingências. Também podemos observar momento em que o fluxo de caixa livre descontado acumulado cruza o eixo das ordenadas e retornamos o investimento inicial. Temos então o *payback* do projeto que reflete o tempo necessário para esse retorno.

taxa aa

Mês	Média dos FCL's	FCL Descontado	FCL Descontado Acumulado
0	(111.340,00)	-111.340	-111.340
1	(30.899,82)	-30.719	-142.059
2	(30.425,46)	-30.071	-172.131
3	(29.868,67)	-29.349	-201.479
4	(29.228,46)	-28.552	-230.031
5	(28.458,24)	-27.637	-257.668
6	(27.795,93)	-26.836	-284.504
7	(26.964,87)	-25.882	-310.386
8	(26.175,86)	-24.978	-335.364
9	(25.231,42)	-23.936	-359.300
10	(24.255,96)	-22.876	-382.176
11	(23.281,12)	-21.829	-404.005
12	(21.447,96)	-19.993	-423.998
13	(19.700,00)	-18.256	-442.253
14	(17.747,88)	-16.351	-458.604
15	(15.664,16)	-14.347	-472.951
16	(13.460,42)	-12.257	-485.208
17	(11.363,61)	-10.287	-495.495
18	(9.273,05)	-8.345	-503.840
19	(7.021,62)	-6.282	-510.122
20	(4.416,80)	-3.929	-514.051
21	(2.223,06)	-1.966	-516.017
22	(276,33)	-243	-516.260
23	709,75	620	-515.639
24	3.231,91	2.808	-512.831
25	5.645,33	4.877	-507.955
26	7.705,75	6.617	-501.337
27	9.061,35	7.736	-493.601
28	12.511,72	10.620	-482.981
29	15.486,93	13.068	-469.913
30	18.536,76	15.550	-454.363
31	21.641,13	18.048	-436.315
32	23.998,42	19.898	-416.417
33	26.297,09	21.676	-394.741
34	30.318,49	24.845	-369.896
35	30.291,79	24.678	-345.218
36	30.252,20	24.502	-320.716
37	29.577,95	23.816	-296.900
38	30.122,21	24.113	-272.788
39	30.549,96	24.312	-248.475
40	30.407,65	24.058	-224.418
41	29.414,12	23.136	-201.282
42	29.918,42	23.395	-177.887
43	29.952,57	23.285	-154.602
44	29.844,52	23.065	-131.536
45	29.710,46	22.828	-108.709
46	29.753,18	22.727	-85.982
47	29.674,78	22.535	-63.447
48	30.515,84	23.038	-40.408
49	30.623,49	22.985	-17.424
50	32.049,70	23.915	6.491
51	31.235,42	23.171	29.662
52	31.093,72	22.931	52.593
53	31.498,27	23.094	75.687
54	32.354,41	23.583	99.270
55	32.004,65	23.192	122.461
56	31.127,82	22.425	144.886
57	32.324,24	23.151	168.037
58	32.764,40	23.329	191.366
59	31.808,83	22.516	213.882
60	32.815,93	23.094	236.976

Tabela 18 - VPL do Projeto SEM as opções reais

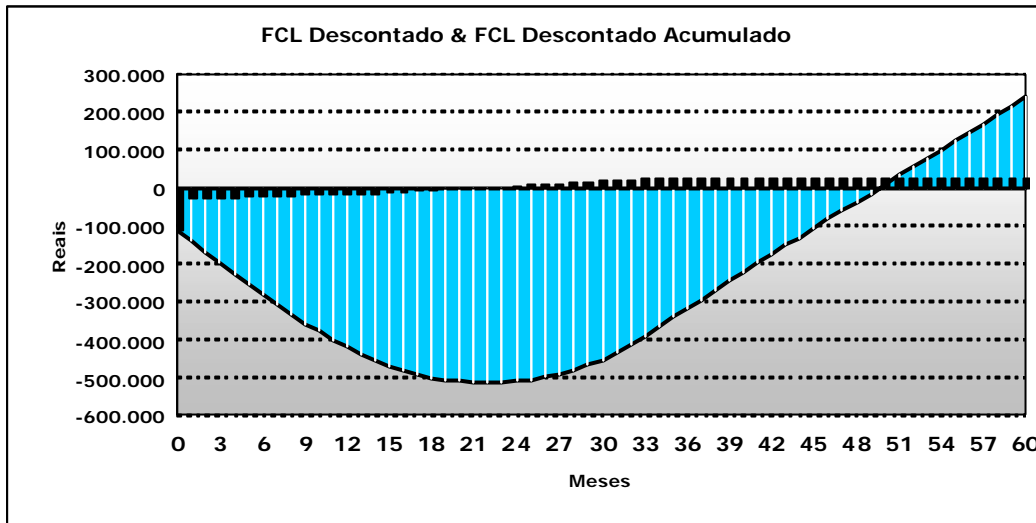


Figura 33 - Gráfico do FCL Descontado e FCL Descontado Acumulado SEM opções

O gráfico nos mostra que apesar de investimento inicial relativamente pequeno, a empresa enfrentará dificuldades nos primeiros anos de operação, quando ainda não está bem estabelecida no mercado. Nesse primeiro momento, mesmo operando com margem, preços maiores do que os custos variáveis, não existe penetração de mercado suficiente para superar os custos fixos. Após se estabelecer no mercado e ganhar uma massa crítica de produção, a empresa começará a gerar FCL's positivos. Podemos observar que o *payback* do projeto ocorre no 50º mês e o VPL do projeto sem as opções reais é de R\$ 236.976.

A tabela e gráfico apresentado a seguir representa o resultado das simulações considerando a opção de parada temporária.

taxa aa

Mês	Média dos FCL's	FCL Descontado	FCL Descontado Acumulado
0	(111.340,00)	-111.340	-111.340
1	(30.859,69)	-30.680	-142.020
2	(30.318,79)	-29.966	-171.985
3	(29.728,19)	-29.210	-201.196
4	(29.099,85)	-28.426	-229.622
5	(28.353,74)	-27.536	-257.157
6	(27.604,33)	-26.651	-283.809
7	(26.844,85)	-25.767	-309.575
8	(26.031,05)	-24.840	-334.415
9	(25.098,43)	-23.810	-358.225
10	(24.149,19)	-22.776	-381.001
11	(23.128,93)	-21.686	-402.687
12	(21.326,90)	-19.880	-422.566
13	(19.451,01)	-18.025	-440.591
14	(17.563,29)	-16.181	-456.772
15	(15.447,07)	-14.148	-470.920
16	(13.354,36)	-12.160	-483.080
17	(11.155,47)	-10.098	-493.179
18	(8.935,55)	-8.042	-501.220
19	(6.581,53)	-5.889	-507.109
20	(4.196,79)	-3.733	-510.842
21	(1.947,70)	-1.722	-512.564
22	285,41	251	-512.313
23	1.187,50	1.038	-511.275
24	4.085,68	3.550	-507.725
25	6.261,30	5.409	-502.317
26	8.266,40	7.099	-495.218
27	10.146,84	8.663	-486.555
28	13.138,35	11.151	-475.404
29	16.167,99	13.643	-461.761
30	19.178,42	16.089	-445.672
31	22.080,20	18.415	-427.258
32	24.658,18	20.445	-406.813
33	27.261,95	22.471	-384.342
34	30.864,08	25.292	-359.050
35	31.064,53	25.308	-333.742
36	31.137,34	25.219	-308.523
37	30.944,02	24.916	-283.607
38	31.224,87	24.995	-258.612
39	31.518,98	25.083	-233.529
40	31.467,52	24.896	-208.632
41	30.327,87	23.854	-184.778
42	30.353,02	23.735	-161.043
43	31.156,76	24.221	-136.822
44	30.672,42	23.705	-113.117
45	30.825,21	23.684	-89.432
46	30.866,57	23.578	-65.855
47	31.105,71	23.622	-42.233
48	31.337,54	23.659	-18.575
49	31.474,53	23.623	5.049
50	32.633,79	24.350	29.399
51	32.145,08	23.846	53.245
52	31.865,10	23.500	76.745
53	32.481,54	23.815	100.559
54	32.976,11	24.036	124.596
55	32.775,81	23.751	148.346
56	32.145,09	23.158	171.504
57	33.270,32	23.828	195.332
58	33.840,44	24.095	219.427
59	32.980,86	23.346	242.773
60	33.596,11	23.643	266.416

Tabela 19 - VPL do projeto CONSIDERANDO a opção de parada temporária

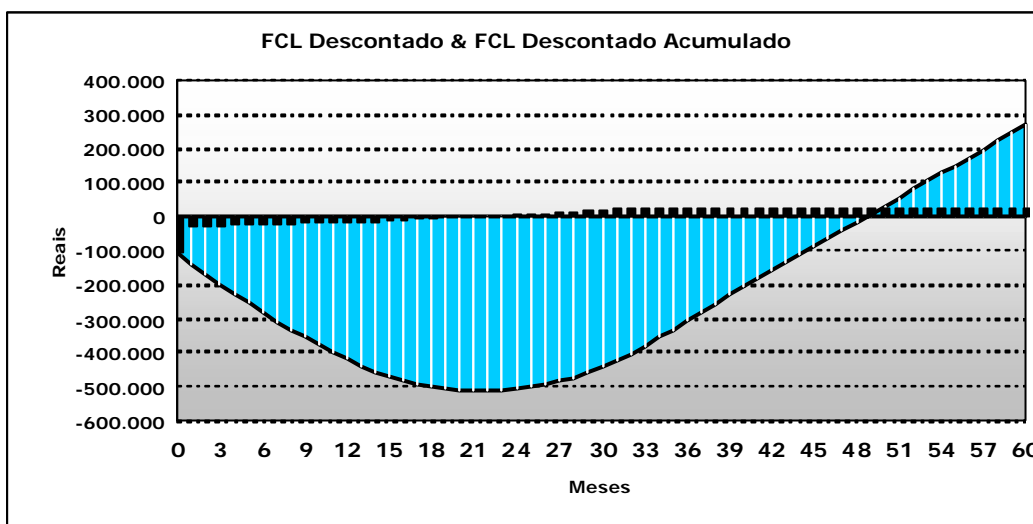


Figura 34 - Gráfico do FCL Descontado e FCL Descontado Acumulado COM opções

A utilização da opção não afetou de forma significativa o FCL, porém, percebemos os benefícios de uma administração ativa em quase todos os meses. Essa gestão ativa corroborou para uma redução do tempo necessário até o retorno do investimento (payback) e para um incremento do VPL do projeto. O payback passou a ocorrer no 49º mês e o VPL considerando os efeitos da opção de parada temporária é de R\$ 266.416. Portanto o vabr dessa opção pode ser encontrado através da diferença dos resultados, R\$ 29.440.

4.1 Análise da Opção de Abandono

Em uma administração ativa, caso o mercado não esteja correspondendo às expectativas, não é necessário permanecer operando um modelo de negócio até o fim de seu horizonte de análise. Existe a opção de terminar as operações de produção e vender os equipamentos remanescentes. Na prática, abandonar um projeto é uma decisão que deve ser tomada quando o valor residual dos equipamentos supera as expectativas de fluxo de caixa de um projeto. Conforme levantamento realizado, os investimentos contidos nesse projeto não são específicos, são em sua maioria materiais de escritório, de medição e informática.

Portanto, trata-se de investimentos com alto grau de reaproveitamento e conseqüentemente liquidez. A avaliação da opção de abandono será realizada a cada instante de tempo através do comparativo do valor residual contábil desses investimentos com a expectativa de fluxos de caixa remanescente do projeto. A tabela 20 apresenta esse comparativo e o resultado da adição da opção de abandono à avaliação do projeto. A coluna designada pelo nome “expectativas futuras” foi calculada através do valor presente em cada instante dos FCL’s remanescentes à taxa livre de risco e a coluna “Opção de Abandono” pela seguinte fórmula:

$$\frac{(VU_{Inv} - Mês_i)}{VU_{Inv}} \times Inv \quad (27)$$

Onde:

VU_{Inv}	Vida útil do investimento em meses (60 meses)
$Mês_i$	Mês corrente de avaliação da opção de abandono
Inv	Investimento realizado

A última coluna da tabela 20 realiza uma verificação do gatilho da opção de abandono. Ou seja, esta coluna verifica se, em algum instante de tempo, a opção de abandonar o projeto é mais rentável do que continuar a operação do projeto. Observamos que esse gatilho não foi acionado em nenhum momento, logo, a opção de abandono não apresenta valor para esse projeto.

taxa aa 7,28%

Investimento R\$ 103.420

FCL COM a opção de Parada Temporária e a opção de abandono

Mês	Média dos FCL's	Expectativas Futuras	Opção de Abandono	Exercício da Opção de Abandono
0	(111.340,00)			
1	(30.859,69)	410.834	101.696	FALSO
2	(30.318,79)	443.566	99.973	FALSO
3	(29.728,19)	475.899	98.249	FALSO
4	(29.099,85)	507.794	96.525	FALSO
5	(28.353,74)	539.130	94.802	FALSO
6	(27.604,33)	569.901	93.078	FALSO
7	(26.844,85)	600.093	91.354	FALSO
8	(26.031,05)	629.648	89.631	FALSO
9	(25.098,43)	658.445	87.907	FALSO
10	(24.149,19)	686.461	86.183	FALSO
11	(23.128,93)	713.622	84.460	FALSO
12	(21.326,90)	739.140	82.736	FALSO
13	(19.451,01)	762.932	81.012	FALSO
14	(17.563,29)	784.976	79.289	FALSO
15	(15.447,07)	805.034	77.565	FALSO
16	(13.354,36)	823.116	75.841	FALSO
17	(11.155,47)	839.106	74.118	FALSO
18	(8.935,55)	852.970	72.394	FALSO
19	(6.581,53)	864.561	70.670	FALSO
20	(4.196,79)	873.835	68.947	FALSO
21	(1.947,70)	880.915	67.223	FALSO
22	285,41	885.804	65.499	FALSO
23	1.187,50	889.819	63.776	FALSO
24	4.085,68	890.959	62.052	FALSO
25	6.261,30	889.931	60.328	FALSO
26	8.266,40	886.891	58.605	FALSO
27	10.146,84	881.953	56.881	FALSO
28	13.138,35	873.994	55.157	FALSO
29	16.167,99	862.960	53.434	FALSO
30	19.178,42	848.849	51.710	FALSO
31	22.080,20	831.755	49.986	FALSO
32	24.658,18	811.982	48.263	FALSO
33	27.261,95	789.489	46.539	FALSO
34	30.864,08	763.261	44.815	FALSO
35	31.064,53	736.679	43.092	FALSO
36	31.137,34	709.869	41.368	FALSO
37	30.944,02	683.094	39.644	FALSO
38	31.224,87	655.881	37.921	FALSO
39	31.518,98	628.214	36.197	FALSO
40	31.467,52	600.436	34.473	FALSO
41	30.327,87	573.635	32.750	FALSO
42	30.353,02	546.651	31.026	FALSO
43	31.156,76	518.705	29.302	FALSO
44	30.672,42	491.079	27.579	FALSO
45	30.825,21	463.138	25.855	FALSO
46	30.866,57	434.991	24.131	FALSO
47	31.105,71	406.440	22.408	FALSO
48	31.337,54	377.490	20.684	FALSO
49	31.474,53	348.232	18.960	FALSO
50	32.633,79	317.644	17.237	FALSO
51	32.145,08	287.364	15.513	FALSO
52	31.865,10	257.187	13.789	FALSO
53	32.481,54	226.216	12.066	FALSO
54	32.976,11	194.568	10.342	FALSO
55	32.775,81	162.935	8.618	FALSO
56	32.145,09	131.747	6.895	FALSO
57	33.270,32	99.251	5.171	FALSO
58	33.840,44	65.993	3.447	FALSO
59	32.980,86	33.400	1.724	FALSO
60	33.596,11	33.400	0	FALSO

Tabela 20 - Avaliação da Opção de Abandono

4.2 Análise da Opção de Adiar o Investimento

Pela teoria clássica, os projetos são analisados com base nos fluxos de caixa esperados e nas taxas de desconto no instante da análise. Isso implica que um projeto deve ser realizado agora ou nunca mais. Logo, o VPL obtido é uma medida do valor e da aceitabilidade do projeto referente à avaliação naquele instante. Contudo, sabemos que a ocasião em que as variáveis estocásticas (insumos) se encontram mudam ao longo do tempo. Conseqüentemente, o reflexo dessas variáveis no fluxo de caixa livre altera também o VPL do projeto. Logo, um projeto que apresenta hoje um VPL negativo pode ter um VPL positivo no futuro.

Pode ocorrer que, mesmo que atualmente um projeto apresente VPL positivo, a empresa pode decidir adiar esse investimento a fim de que alguma informação seja revelada. Desta forma, é possível que exista uma expectativa de que o projeto tenha um valor maior no futuro, a opção de espera vale mais do que a realização imediata do projeto.

Foram realizadas Simulações de Monte Carlo conforme a descrição realizada anteriormente para o início do projeto em diversos instantes de tempo. O resultado dessas simulações, valor do projeto iniciado em um outro instante de tempo diferente de zero, são descontados ao instante de tempo zero ($t=0$) e comparado com o valor do projeto iniciado hoje.

É possível construir uma curva de gatilhos a partir do valor do projeto hoje. Para ser vantajosa a espera, seria necessário que o valor do projeto no instante 1, por exemplo, fosse tal que descontado um período à taxa livre de risco fosse maior do que o valor do projeto iniciado em $t=0$. Desta forma temos que:

$$V_{gatilho_i} = VPL_{t=0} \times (1 + r_f)^i \quad (28)$$

onde:

V_{gatilho} Valor do gatilho a ser superado para a opção de espera valer a pena

i Instante de tempo do início do projeto

VPL_0 VPL do projeto iniciado no instante zero já calculado.

R_f Taxa livre de risco

O resultado das simulações realizadas com início em diversos instantes de tempo e o gatilho necessário calculado são apresentados no gráfico e tabela a seguir:

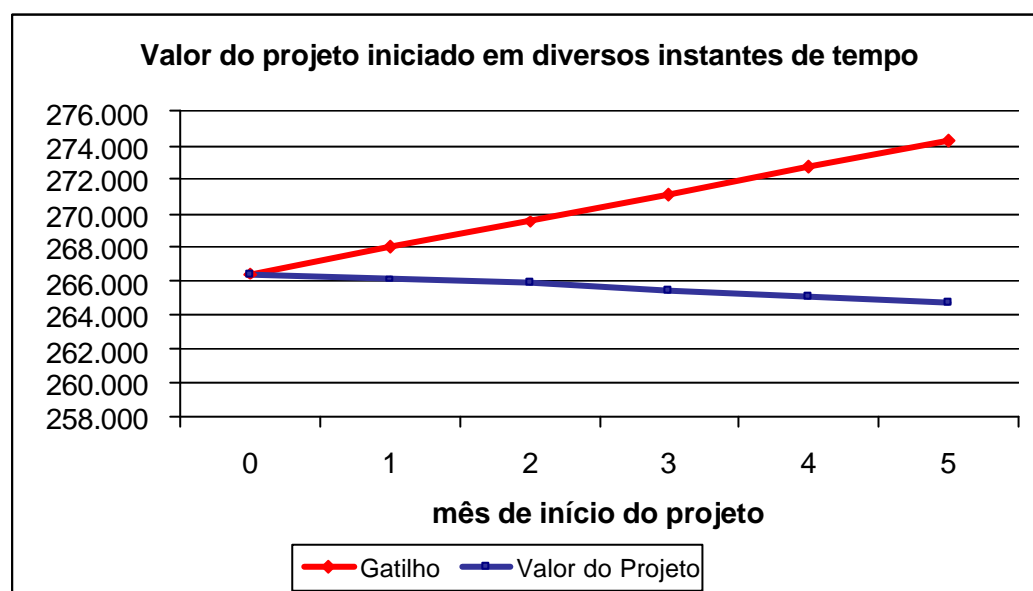
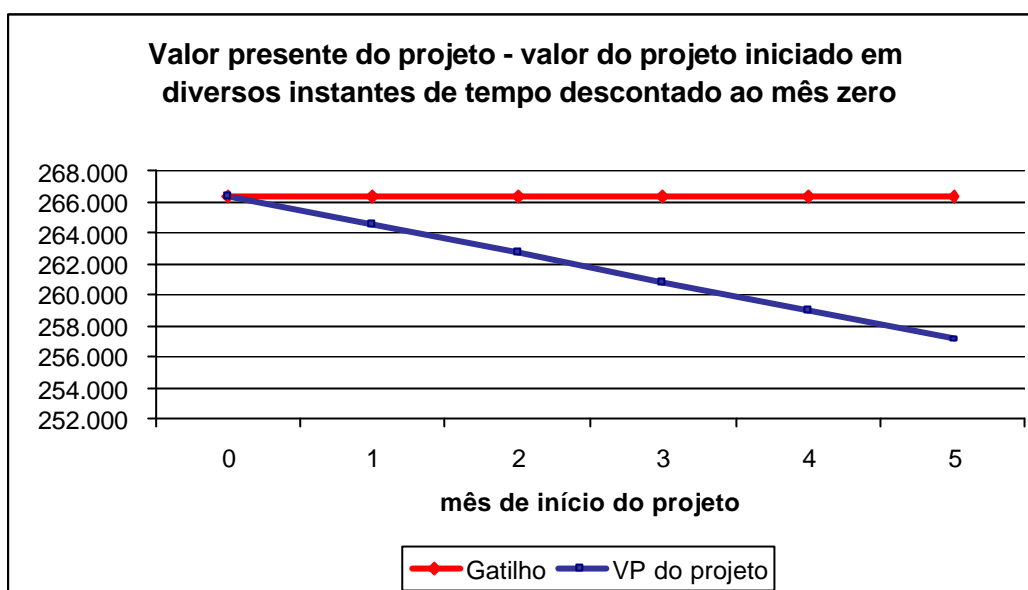


Figura 35 - Valor do projeto iniciado em diversos instantes de tempo

Mês	Gatilho	Valor do Projeto iniciado no mês i	VP do projeto descontado ao mês zero
0	266.415,84	266.416	266.416
1	267.980,55	266.096	264.542
2	269.554,45	265.830	262.735
3	271.137,59	265.431	260.809
4	272.730,04	265.086	258.949
5	274.331,83	264.768	257.128

Tabela 21 - Valor do projeto iniciado no mês i e descontado ao mês zero



Como a espera não adiciona valor ao projeto, podemos concluir que trata-se de um bom momento no cenário de custos, as variáveis estocásticas (insumos) encontram-se em um cenário favorável. Como não existe valor na opção de adiar o projeto, concluímos também que o projeto encontra-se *Deep in the Money*, pronto para ser executado.

4.3 Análise de Sensibilidade

4.3.1 Variáveis Críticas

A análise de sensibilidade procura determinar o efeito de uma variação de um determinado item no seu valor total. Pode ser um instrumento útil em diferentes áreas para determinar a importância de uma variável sobre o resultado final de outra. Consiste em pesquisar a estabilidade da solução em vista das possíveis variações dos parâmetros de entrada.

O gráfico do tipo Tornado a seguir visa quantificar os efeitos individuais de cada item ou estimativa no valor de um projeto. Neste caso estamos avaliando qual impacto uma variação de 5% em cada estimativa

traria no valor final do VPL. É uma maneira de verificar quais são as variáveis críticas do modelo e quão sensível é sua relação com o resultado.

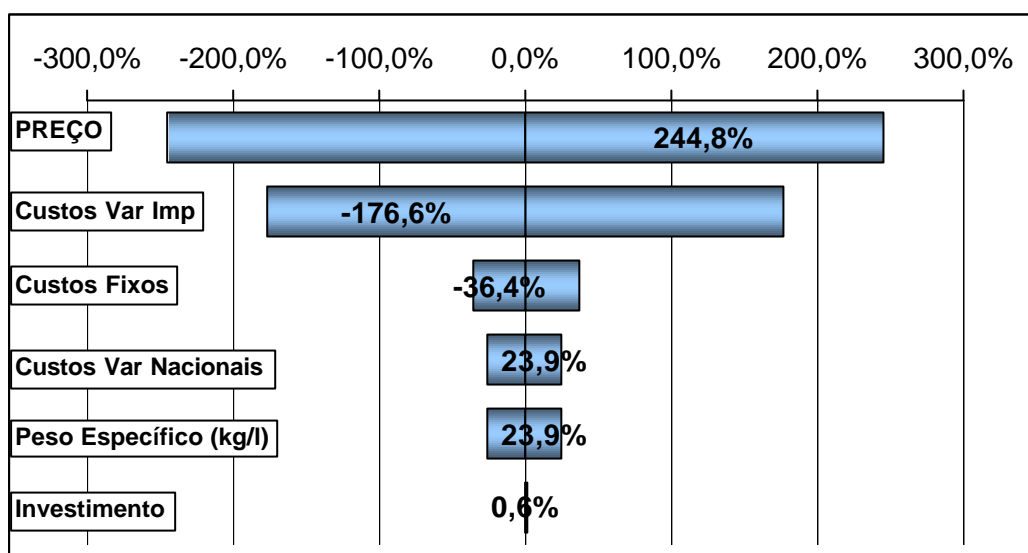


Figura 36 - Análise de Sensibilidade Tornado - 5% de variação

Análise de Sensibilidade	LI	LS
Preço / Litro	-244,8%	244,8%
Custos Variáveis Importados (US\$/litro)	176,6%	-176,6%
Custos Fixos	36,4%	-36,4%
Custos Variáveis Nacionais (R\$/litro)	-26,4%	23,9%
Peso Específico (kg/l)	-26,4%	23,9%
Investimento	-0,6%	0,6%

Tabela 22 - Resultados da análise de sensibilidade

Os resultados revelam uma sensibilidade significativa quanto ao *Preço* estimado e aos *Custos Variáveis Importados*. Uma variação de apenas 5% nesses item causam variações superiores a 100% no VPL do projeto. Uma vez que atualmente temos um cenário de baixa do Dólar, não é de se admirar que o projeto esteja *Deep in the Money*. O investimento imediato resulta no máximo aproveitamento deste cenário vantajoso.

Outra forma de se verificar a análise de sensibilidade é através da elaboração de um gráfico *Spider*. Neste gráfico são realizadas uma série de variações percentuais individuais nas variáveis de entrada e seu efeito é observado na variável de saída, no caso o VPL do projeto. Este tipo de

análise também é muito útil para identificar se existe uma relação linear ou não entre as variáveis de entrada e o resultado da análise. A seguir apresentamos o resultado desta análise de sensibilidade.

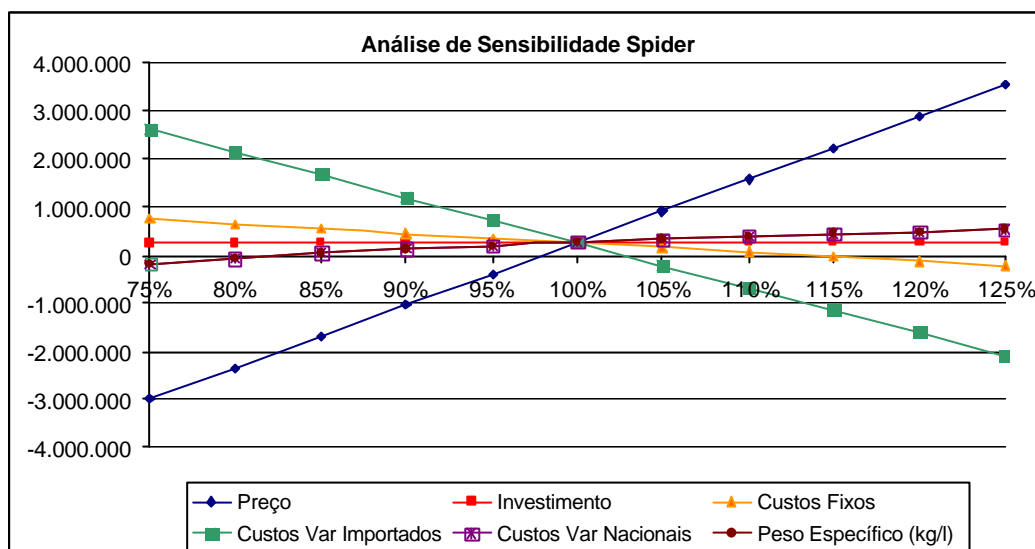


Figura 37 - Análise de sensibilidade Spider

Variação	Preço	Investimento	Custos Fixos	Custos Var Imp	Custos Var Nac	Peso Específico
75%	-2.994.397	258.111	751.840	2.618.541	-178.499	-178.499
80%	-2.342.234	259.772	654.755	2.148.116	-67.270	-67.270
85%	-1.690.072	261.433	557.670	1.677.691	30.873	30.873
90%	-1.037.909	263.094	460.586	1.207.266	118.111	118.111
95%	-385.747	264.755	363.501	736.841	196.166	196.166
100%	266.416	266.416	266.416	266.416	266.416	266.416
105%	918.578	268.077	169.331	-204.009	329.975	329.975
110%	1.570.741	269.738	72.246	-674.434	387.756	387.756
115%	2.222.903	271.399	-24.839	-1.144.859	440.513	440.513
120%	2.875.066	273.060	-121.924	-1.615.285	488.873	488.873
125%	3.527.228	274.721	-219.008	-2.085.710	533.365	533.365

Tabela 23 - Análise de Sensibilidade Spider

Analisando o gráfico, confirmamos pelas inclinações apresentadas que o *Preço* e *Custos Variáveis importados* são as variáveis críticas do modelo. As inclinações também são indicadores de direcionamento dos efeitos (maiores inclinações). A variável *Preço*, por exemplo, apresenta uma inclinação positiva, ou seja, quando maior o preço maior o VPL do projeto. Enquanto a variável *Custo Variável Importado* apresenta inclinação negativa, ou seja, um aumento desta variável resulta em um decréscimo de VPL. Podemos observar também a não linearidade no

peso específico, fenômeno comumente observado em variáveis de relação.

4.3.2 Número de Iterações

O número de iterações poderia ser um outro agravante da análise de viabilidade econômica. Um número superior a 20.000 simulações poderia trazer uma precisão adicional à análise. Foram realizadas simulações com diferentes números de iterações e seus resultados podem ser observados a seguir.

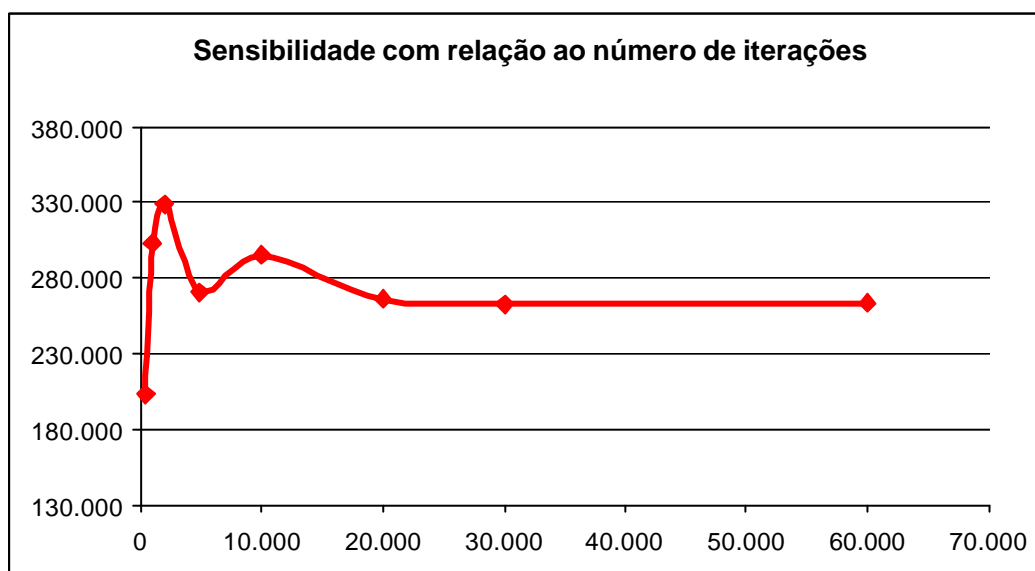


Figura 38 - Sensibilidade do resultado com relação ao n° de iterações

Podemos observar que não existe alteração significativa no resultado acima de 20.000 iterações, portanto, o VPL apresentado nos dá uma precisão satisfatória além de agilizar os cálculos computacionais.

5 Conclusões

A técnica de avaliação de investimentos por Opções Reais é uma realidade e a sua participação nas empresas vem crescendo cada vez mais. Um projeto de investimento pode ser visto como um conjunto de opções reais e que ao ser avaliado pela teoria clássica, todo o valor gerado por essas opções não é quantificado, parte das informações para a tomada de decisão ainda está por ser revelada.

Uma abordagem pela teoria das opções reais evidencia que os métodos tradicionais de análise de investimentos não garantem a coerência que deve unir estratégia e finanças para que os projetos não venham a ser subestimados. A teoria das Opções Reais é a técnica capaz de quantificar as flexibilidades e o resultado de uma gestão ativa em cenários de incerteza gerando assim o “VPL expandido” resultante da assimetria criada pela adaptabilidade.

Uma análise de viabilidade pela Teoria das Opções Reais através de Simulação de Monte Carlo requer primeiramente um vasto conhecimento da tecnologia, mercado e produtos envolvidos no modelo de negócio. As relações entre empresas, fornecedores e clientes precisam ser mapeadas, assim como, cada parte da operação e produção impacta o produto acabado e conseqüentemente as receitas e despesas.

O correto entendimento das variáveis estocásticas que afetam as receitas e despesas assim como sua discretização em uma distribuição de probabilidade é necessário para gerar fluxos de caixa dinâmicos. O VPL do projeto é então encontrado através de simulações (diversas iterações) de fluxos de caixa.

A aplicação da Teoria das Opções Reais se mostrou fundamental na análise de viabilidade econômica para a implantação e operação da Fase 1 de tintas especiais para aplicações industriais no mercado brasileiro em um estudo econômico que se mostrou rentável.

6 Recomendações para trabalhos futuros

Sugere-se para trabalhos futuros aprofundar os estudos sobre a implantação da fase 2 desse projeto. Nesse estudo, uma vez bem sucedida a implantação da fase 1, seria avaliada a viabilidade de implantação de uma unidade fabril própria. Desta forma, a verticalização incorreria na redução de custos, uma vez que as margens envolvidas nos serviços prestados por terceiros na Fase 1 estariam sendo absorvidas. Seria fundamental quantificar e entender os investimentos necessários, assim como, as novas relações de receita e de despesa e as novas opções envolvidas.

7 Referências Bibliográficas

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. **Investment under Uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 468 p.

TRIGEORGIS, L. (Ed.). **Real Options in Capital Investments: Models, Strategies, and Applications**. Westport (EUA): Praeger Publisher, 1995, 361 p.

BREALEY, R.A.; MYERS, S.C. **Principles of Corporate Finance**. Boston: McGraw-Hill, Inc., sixth ed., 1999, 1093 p.

DIAS, M.A.G. Information Revelation Processes, Learning Measures, and Real Options. **Documento de trabalho**, Petrobras e Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, março, 2003 (trabalho em progresso), 20 p.

DIXIT, A.K. Entry and Exit Decisions under Uncertainty. **Journal of Political Economy**, vol.97(3), 1989a, p.620-638

DIXIT, A. Hysteresis, Import Penetration, and Exchange

BRENNAN, M.J.; TRIGEORGIS, L. (Ed.). **Project Flexibility, Agency, and Competition – New Developments in the Theory and Applications of Real Options**. Oxford: Oxford University Press, 2000, 357 p.

COPELAND, T. & ANTIKAROV, V. **Real Options – A Practitioner's Guide**. Editora Texere LLC, New York, 2001.

DIAS, M.A.G. Apostila do curso de Análise de Investimentos com Opções Reais do departamento de Engenharia da Produção da PUC-Rio – IND 2072. 1º semestre de 2007.

McDONALD, R. & D. Siegel (1985). **Investment and the Valuation of Firms when There Is an Option of Shut Down**. *International Economic Review*, vol.28, no 2, June 1985, pp.331-349.

Dissertações

DE ZEN, M J C. **Avaliação e Gerenciamento de investimentos na indústria de carne: Uma abordagem das opções reais na consideração do risco** USP – São Paulo 2005

PASIN, R. M. **A Flexibilidade do processo decisório e o Valor da Opção de Espera** USP – São Paulo 2002

SANTOS, E. P., **Teoria das Opções Reais: Aplicação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)** UFMG 2002

MONTEIRO R. C. **Contribuições da abordagem de avaliação de opções reais em ambientes econômicos de grande volatilidade – Uma ênfase no cenário latino americano** USP – São Paulo 2003

DIAS M. A. G. **Opções reais híbridas com aplicações em petróleo** PUC Rio 2005

DIAS, M.A.G. **Investimento sob Incerteza em Exploração e Produção de Petróleo**. Rio de Janeiro, agosto de 1996. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio.

HIROTA H. H. **O Mercado de Concessão de Transmissão de Energia Elétrica no Brasil** USP São Paulo 2006

CAVALINHO FILHO J. C. **O Valor da Flexibilidade em Cláusulas “Take or Pay” de contratos para fornecimento de gás natural** USP – São Paulo 2003

HIROTA H. H. **O Mercado de Concessão de Transmissão de Energia Elétrica no Brasil** USP São Paulo 2006

Sites

<http://www.abrafati.com/> - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas

<http://www.abiquim.org.br/> - Associação Brasileira da Indústria Química

<http://www.puc-rio.br/marco.ind/> - Site de Opções Reais