

**STÉFANO MARIA FALSINI ANGIOLETTI**

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA SUPORTE A DECISÃO DE  
INVESTIMENTOS EM PORTFOLIO DE PROJETOS DE PESQUISA GEOLÓGICA:  
ABORDAGEM ATRAVÉS DO MODELO DE OPÇÕES DE PREÇOS DE BLACK E  
SCHOLES E SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

**Belo Horizonte**

**2009**

**STÉFANO MARIA FALSINI ANGIOLETTI**

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA SUPORTE A DECISÃO DE  
INVESTIMENTOS EM PORTFOLIO DE PROJETOS DE PESQUISA GEOLÓGICA:  
ABORDAGEM ATRAVÉS DO MODELO DE OPÇÕES DE PREÇOS DE BLACK E  
SCHOLES E SIMULAÇÃO DE MONTE CARL**

Trabalho apresentado ao Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Mestre em Engenharia de Produção.  
Área de Concentração: Produto e Trabalho.

Orientador: Professor Antônio Sérgio Souza

Belo Horizonte

2009

**STÉFANO MARIA FALSINI ANGIOLETTI**

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA SUPORTE A DECISÃO DE  
INVESTIMENTOS EM PORTFOLIO DE PROJETOS DE PESQUISA GEOLÓGICA:  
ABORDAGEM ATRAVÉS DO MODELO DE OPÇÕES DE PREÇOS DE BLACK E  
SCHOLES E SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

Dissertação de mestrado defendida junto à banca examinadora do Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.  
Componentes da Banca

Professor Antônio Sérgio de Souza, PhD  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Orientador

Professor Lin Chih Cheng, Doutor  
Universidade Federal de Minas Gerais

Professor Haroldo Guimarães Brasil, PhD  
Faculdade de Ciências Humanas de Pedro Leopoldo  
Fundação Dom Cabral  
Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais

Belo Horizonte, 30 de Março de 2009  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Escola de Engenharia**  
**Universidade Federal de Minas Gerais**

## DEDICATÓRIA

À “Dona dos meus sonhos” e aos Resultados destes sonhos.

Tudo!

## AGRADECIMENTOS

Um aluno como eu precisa de muita ajuda para conseguir o êxito de concluir um programa de mestrado numa escola como a “Engenharia da UFMG”. Com uma agenda volátil e pesada refresquei minha alma estudando. A lista é enorme. Prepare-se!

Começo pelos professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da UFMG: Francisco de Paula Lima, literalmente “Grande Xico” pela nova e rica visão do trabalho. Ao Samuel pela visão sobre métodos quantitativos de pesquisa. Aos poucos dias com que tive a oportunidade de ser aluno do Maurício Cardoso e me deparar com minha ignorância quanto aos métodos de solução de sistema não lineares. Ao Eduardo Romeiro pelos alertas sobre o que é e o que não é o mestrado. Ao Rodrigo Ribeiro por demonstrar uma dedicação aos alunos a qual seguirei como exemplo. O João Martins pela sempre calorosa acolhida. À Inês da Secretaria do DEP, por sua alegria e seu sorriso que ficarão na minha memória.

Entre os professores do DEP preciso agradecer especialmente ao Mestre Cheng, caramba! Só mesmo uma pessoa generosa se dispõe a pegar um aluno “velho” e trazê-lo à verdadeira condição de estudante: humildade diante do aprender. Finalmente devo agradecer ao “Dr.” Cheng pelas correções e ajustes oferecidos a este trabalho como membro da Banca Examinadora.

Ao meu incansável orientador e responsável direto por eu estar concluindo esta jornada: Professor Antônio Sérgio Souza. É muito difícil entender como alguém se dispõe a dedicar tempo a alunos como eu. Eu tive essa sorte. Devo ao “Dr. Antônio” esta oportunidade. Devo também às suas idéias que esmerilaram minhas viagens intergalácticas, sua paciência e empatia com a minha situação.

Aos meus colegas da UFMG agora amigos. Vocês me trouxeram de volta a alegria de estar na escola como aluno depois de 25 anos quase sempre como professor. Às “meninas” Fabiana, Francis, as Marianas Oliveira, Braga e Penido, a Gabriela e a Fernanda, a Lúcia Helena e a Marinalva (Nalvinha) e é claro aos “meninos” Fernando Ladeira, Vitor e Rubens.

Entre os colegas, preciso destacar dois deles: o Charles Galvani com quem iniciei a jornada em 2003 no DEP e que me incentivou a continuar e o Bruno Melin Batista, companheiro de debates sobre mineração, negócios, opções de preços, opções reais, volatilidade e Monte Carlo, tudo aquilo que poucos se dispõem a fazer: discutir profundamente temas áridos, mas essenciais para um trabalho de mestrado numa escola como a UFMG.

Ao reencontro! Ao colega de graduação em engenharia elétrica no IPUC, 25 anos atrás e hoje um grande especialista na área econômica Professor Haroldo Brasil! Obrigado pelas

orientações e correções como membro da banca que ajudaram a reduzir os erros deste trabalho. Também agradeço por, em pouco tempo, me fazer sentir a vontade, como se todos estes anos sem contato não fizessem a menor diferença.

Aos meus chefes Lúcio Cardoso e Adriano Nascimento que entenderam meu desejo de continuar desafiando minha ignorância. Ao meu colega de trabalho e fonte de consultas o Geólogo - que para nós na MSOL é um “Doutor Geólogo” - Jaime Duchine. Minha dissertação ganhou muito com suas orientações e debates e a Maisa pela ajuda com os mapas e desenhos sobre geologia.

Ao meu orientador profissional e “companheiro” em diversas jornadas profissionais Engenheiro Juvenil Félix, autor de muitos trabalhos não publicados, mas todos reais e que fizeram a mineração no Brasil mais humana e equilibrada. Seu trabalho tem sido uma grande referência na minha vida profissional.

Ao meu Pai Giandomênico, um “*Quasi* Geólogo” vindo da Itália, que me mostrou que para entender o mundo é necessário ter olhos e ouvidos abertos e sem preconceitos. Você que é o maior brasileiro que conheço.

A minha Mãe Anna, Italiana de coração e Alma universal. Simplesmente por ser minha Mãe. É muito mais que eu poderia pedir. Às minhas irmãs Adriana e Lucia e ao meu irmão, isso mesmo, Leo! Sou irmão, Tio e tenho uma família amorosa.

A minha amiga, companheira e incentivadora, Fabíola que também é avó de meus filhos. Por ter estado sempre ao meu lado, silenciosa e carinhosamente. E para Raquel e Rogéria irmãs em aventuras como, por exemplo, criar filha e filho e estudar, tudo ao mesmo tempo.

A minha pequena (sempre será assim) Mariana – ou Xiquinha, filha desejada e querida, por torcer por mim. Ao meu Grande Campeão, Lucas meu filho desejado e querido que está sempre por perto observando. A vocês dois meu compromisso eterno.

Finalmente à minha companheira de vida - hoje são 29 anos. Débora. A lista do que tenho para te falar é muito longa para o escopo deste trabalho. Mas você sabe.

Ao Grande Arquiteto do Universo, a Deus, ou àquele a Quem confio todas as minhas orações. Minha Fé não busca explicações.

Obrigado!

## EPÍGRAFE

Se oriente, rapaz  
Pela constelação do Cruzeiro do Sul  
Se oriente, rapaz  
Pela constatação de que  
A aranha Vive do que tece  
Vê se não se esquece  
Pela simples razão  
De que tudo merece  
Consideração  
Considere rapaz  
A possibilidade de ir pro Japão  
Num cargueiro do Lloyd lavando o porão  
Pela curiosidade de ver onde o sol se esconde  
Vê se compreende  
Pela simples razão de que tudo depende  
De determinação  
Determine rapaz  
Onde vai ser seu curso de pós-graduação  
Se oriente, rapaz  
Pela rotação da Terra em torno do Sol.  
Sorridente, rapaz  
Pela continuidade do sonho de Adão

**Letra da Música “Oriente” de Gilberto Gil**  
**Salvador e Rio de Janeiro, 1971**  
**GeGe Produções Ltda**

## RESUMO

Decisões sobre investimentos nas empresas podem ser consideradas estratégicas se afetarem significativamente os seus resultados no longo prazo. Este estudo se dedicará às decisões estratégicas sobre investimento quando estes estiverem agrupados na forma de projetos de desenvolvimento onde cada projeto é executado em fases em que a seqüência para a fase seguinte está condicionada ao atendimento de requisitos técnicos e econômicos. Esta configuração é conhecida como portfólio de projetos sendo encontrada em empresas de base tecnológica (EBT) nas atividades de desenvolvimento de produtos, por exemplo, na indústria farmacêutica, semicondutores ou biotecnologia. As empresas de mineração mantêm portfólios de projetos de pesquisa geológica e podem se beneficiar das práticas adotadas por estes segmentos industriais. Este trabalho propõe um procedimento que considere um portfólio de projetos de pesquisa geológica e suas condições específicas incluindo as incertezas técnicas e econômicas. Esta metodologia deverá suportar os gestores na tomada de decisão de forma simples e intuitiva mantendo o rigor metodológico e a precisão recomendada pelo porte e volume dos recursos financeiros investidos. Este procedimento será testado em um estudo de caso real de uma empresa de mineração com seu portfólio de projetos de pesquisa geológica. Serão utilizadas quatro abordagens integradas. Primeira: a indústria mineral, seus critérios de decisão e suas principais técnicas de seleção de projetos de pesquisa geológica. Segunda: as teorias voltadas à construção e execução da estratégia nas empresas e o orçamento de capital. Terceira: as técnicas de avaliação de investimentos sob incerteza técnica e de mercado: Modelo de Opções de Preços de Black e Scholes (1973), Teoria das Opções Reais e o Espaço de Opções de Timothy Luehrman (1998a). Quarta: técnicas de gestão de desenvolvimento de novos produtos com foco na gestão de portfólio e no método do Stage Gate<sup>®</sup> proposto por Robert Cooper (2008). Para o tratamento das incertezas técnicas e de mercado, será utilizada a simulação de Monte Carlo.

Palavras-Chave: Estratégia, Orçamento de Capital, Pesquisa Geológica, Modelo de Opção de Preços, Teoria das Opções Reais, Gestão de Portfólio de Projetos, Simulação de Monte Carlo.



## ABSTRACT

Companies' investments decisions may be considered strategic if they cause significant impact on company long term results. This study is dedicated to strategic investment decision when they are nested in project development format where each project is executed in phases and each phase is approved to follow the next phase if technical and economical requirements are accomplished. This configuration is known as "Project Portfolio" being found in Technology Based Companies (TBC) on their product development activities as examples the pharmaceutical, semiconductor and biotech. Mining companies maintain project portfolios in their geology research projects and it could benefit on the practices adopted by the TBC companies. This study proposes a procedure for project portfolio of geology research and its specific conditions including the technical and economical uncertainties. This procedure may support decision makers in a simple and intuitive way, while maintaining rigor and precision required by the amount of financial resources related to mining projects. The procedure will be tested in a real case study of a mining company and its geology research project portfolio. Four integrated approaches will support the theory. First: mining industry, its decision criteria and the main techniques to select geology research project. Second: theories of construction and execution of company strategy and its capital budgeting. Third the investment valuation methods under technical and market uncertainty: Black and Scholes Option Pricing Model (1973), Real Option Theory and Timothy Luehrman Option Space (1998a). Fourth: new product development management with focus on portfolio management and Stage Gate<sup>®</sup> method proposed by Robert Cooper (2008). In order to deal with market and technical uncertainty, Monte Carlo simulation will be applied.

Key Words: Strategy, Capital Budgeting, Geology Research, Option Pricing Model, Real Option Theory, Management of Project Portfolio, Monte Carlo Simulation.

## SUMÁRIO

Dedicatória		
Agradecimentos		
Epígrafe		
Resumo		
Abstract		
Sumário		
Lista de Tabelas		
Lista de Quadros		
Lista de Figuras		
Lista de Gráficos		
Lista de Abreviaturas		
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
1.1	Justificativa	19
1.2	Descrição do Problema	20
1.3	Objetivos gerais e específicos	21
1.4	Organização da Dissertação	21
1.5	Metodologia de Pesquisa	22
1.5.1	Justificativa da Escolha	22
1.5.2	Formação dos Estudos	23
1.5.3	Escolha dos Casos	24
1.5.4	Instrumentos Utilizados e Coleta de Dados	24
1.5.5	Validade e Confiabilidade	25
1.5.6	Análise dos Dados	25
<b>2</b>	<b>A PESQUISA GEOLÓGICA</b>	<b>26</b>
2.1	Introdução	26
2.2	Descrição da Pesquisa Mineral e suas fases	28
2.3	Classificação dos Depósitos Minerais	30
2.4	Conceitos sobre os Métodos de Pesquisa Geológica	33
2.5	Definição da Viabilidade do Prosseguimento de uma Pesquisa Geológica	34
2.6	Métodos de Análise de Investimentos na Mineração	37
2.6.1	Estratégia de Investimentos em Mineração	43
2.7	Definição da Estratégia Corporativa	44
<b>3</b>	<b>PESQUISA E DESENVOLVIMENTO</b>	<b>48</b>

3.1	Gestão de P& D	48
3.2	Fases do Processo de P&D	49
3.3	Planejamento agregado e a Gestão de Portfólio de Projetos	53
3.4	Avaliação do Portfólio de Projetos de P&D	55
3.4.1	Valor Comercial Esperado (ECV)	55
3.4.2	Índice de Lucratividade (PI)	56
3.4.3	Lista Dinâmica de Classificação	57
3.4.4	Modelos de Pontuação (SM)	58
3.4.5	Diagrama de Bolhas	59
3.5	Alinhamento com a Estratégia de Negócios	61
3.6	O método Stage Gates®	64
3.7	Construção do Portfólio através do <i>Funnel</i>	67
3.8	Integração da Estratégia e Avaliação de Investimentos com a Gestão de Portfólio	71
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS</b>	<b>72</b>
4.1	Histórico da análise de investimentos	72
4.2	Valor Temporal do Dinheiro, Risco e Incerteza	76
4.3	Abordagens para Avaliação	76
4.3.1	Fluxo de Caixa Descontado	77
4.3.2	Avaliação Relativa	78
4.3.3	Modelo de Opções de Preços	79
4.4	Limitações do Fluxo de Caixa Descontado e do Valor Presente Líquido	79
4.5	O Modelo de Opções de Preços de Black, Scholes e Merton	82
4.6	Analogia entre o Modelo de Opções de Preços e as Opções Reais	85
4.6.1	Classificação dos Riscos em Opções de Investimento	87
4.6.2	Limitações da Analogia	88
4.7	Tipos de Opções Reais	90
4.8	Métodos para solução de Opções de Preços e Opções Reais	91
4.8.1	Simulação de Monte Carlo	92
4.9	Modelagem de Preços de Commodities	93
4.10	Espaço de Opções	95
<b>5</b>	<b>PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE PESQUISA GEOLÓGICA</b>	<b>100</b>
5.1	Introdução	100

5.2	Importância da gestão de projetos de pesquisa geológica	101
5.3	O Funnel como Portfólio de Projetos de Pesquisa Geológica	102
5.4	Métodos de avaliação para cada Fase - Stage Gates®	103
5.4.1	Modelo de Avaliação para a Fase Regional	104
5.4.2	Modelo de Avaliação para as Fases Semi Detalhe, Detalhe e Avaliação	107
5.4.3	Discussão sobre a Escolha do MOP como método de seleção	115
5.4.4	O Valor da Opção	116
5.5	Foco da redução da incerteza técnica	117
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO REAL</b>	<b>121</b>
6.1	Introdução	121
6.2	Descrição da Empresa e sua Estratégia de Investimento e Pesquisa Geológica	122
6.2.1	Descrição da Empresa	122
6.2.2	Estratégia de Investimento e Pesquisa Geológica	124
6.3	Escolha dos Projetos e coleta de dados	125
6.4	Definição das Variáveis de entrada e saída dos modelos de avaliação	126
6.4.1	Variáveis para o Modelo de Avaliação da Fase Regional	126
6.4.2	Variáveis do Modelo Econômico	126
6.5	Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Regional	129
6.6	Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Semi Detalhe	133
6.7	Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Detalhe	135
6.8	Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Avaliação	137
6.9	Comentários finais sobre o estudo de caso	138
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>140</b>
7.1	Análise dos Resultados	140
7.2	Limitações do Procedimento	142
7.3	Importância deste Procedimento para empresas de Mineração	143
7.4	Proposta para Continuidade dos Estudos	144
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>146</b>
Apêndice I	<b>Lista de Projetos de Mineração Analisados</b>	<b>153</b>
Apêndice II	<b>Resumo das entrevistas</b>	<b>156</b>
Apêndice III	<b>Planilhas e Gráficos da fase de Semi Detalhe.</b>	<b>160</b>
Apêndice IV	<b>Planilhas e Gráficos da fase de Detalhe</b>	<b>165</b>
Apêndice V	<b>Planilhas e Gráficos da Fase Avaliação</b>	<b>170</b>
Anexo I	<b>Tabela com os índices de Black e Scholes</b>	<b>175</b>

## LISTA DE TABELAS

2.1	Modelo Completo do FCD. Exemplo Mina de Ouro	41
3.1	Lista Dinâmica de Classificação	57
3.2	Exemplo de Aplicação do Modelo de Categorias Estratégicas	64
6.1	Resultados da Avaliação dos Alvos do Projeto A	130
6.2	Resultados da Avaliação dos Alvos do Projeto B	131
6.3	Resultados da Avaliação dos Alvos do Projeto C	131
6.4	Resultados da Avaliação dos Alvos do Projeto D	132
6.5	Resultados da Fase Semi Detalhe	133
6.6	Resultados da Fase Detalhe	135
6.7	Resultados da Fase Avaliação	137
A1	Planilha FCD Projeto A Fase Semi Detalhe	161
A2	Planilha FCD Projeto B Fase Semi Detalhe	162
A3	Planilha FCD Projeto C Fase Semi Detalhe	163
A4	Planilha FCD Projeto D Fase Semi Detalhe	164
A5	Planilha FCD Projeto A Fase Detalhe	165
A6	Planilha FCD Projeto B Fase Detalhe	167
A7	Planilha FCD Projeto C Fase Detalhe	168
A8	Planilha FCD Projeto D Fase Detalhe	169
A9	Planilha FCD Projeto A Fase Avaliação	171
A10	Planilha FCD Projeto B Fase Avaliação	172
A11	Planilha FCD Projeto C Fase Avaliação	173
A12	Planilha FCD Projeto D Fase Avaliação	174

## LISTA DE QUADROS

1.1	Resumo dos Projetos Estudados na fase de construção da idéia	23
2.1	Descrição das Fases de Pesquisa Geológica	29
2.2	Custos estimados dos métodos de pesquisa geológica	33
2.3	Modelo de Escore para Seleção de Depósitos Minerais	35
2.4	Parâmetros para avaliação econômica de projetos de mineração	40
2.5	Níveis da Estratégia na Organização	45
2.6	Aplicação dos Conceitos de Estratégia em Pesquisa Geológica	47
3.1	Modelo de Pontuação adotado pela Hoescht	59
3.2	As três dimensões do Funnel	69
4.1	Histórico sobre os Métodos Usados na Avaliação de Empresas	74
4.2	Comparação entre as variáveis do MOP e Opções Reais	86
4.3	Tipos de Opções e Ativos Reais	90
4.4	Métodos de Solução para MOP e TOR	91
4.5	Comparação entre os métodos para solução do MOP e TOR	92
5.1	Modelo de Escore para classificação preliminar de depósitos minerais	104
5.2	Adaptação do modelo de avaliação de depósitos de Maranhão	105
5.3	Equivalência entre MOP e uma Oportunidade de Investimento	110
5.4	Relação das variáveis do Espaço de Opções e o Modelo Proposto	114
5.5	Incertezas quanto as variáveis dos projetos	119
6.1	Descrição das atividades que suportam o processo de decisão	124
6.2	Dados básicos do Projeto	125
6.3	Distribuição de Probabilidades para os Recursos Minerais	127
6.4	Distribuição de Probabilidades para Teores de Ouro	128
6.5	Distribuição de Probabilidades para Custo Operacional	128
6.6	Distribuição de Probabilidades para CAPEX por Fase	129
A1	Valor da Opção de Compra Européia como percentual do Ativo Subjacente	176

## LISTA DE FIGURAS

1.1	Fluxo das atividades do estudo	24
2.1	Cadeia de Valor da Mineração	26
2.2	Relacionamento entre Recursos Minerais e Reservas de Minério	30
2.3	Exemplo de Classificação de Recursos Minerais	31
2.4	Exemplo da Relação entre Recurso Mineral e Reserva de Minério	32
2.5	Fluxo com as 4 fases da Pesquisa geológica	36
2.6	Dinâmica do processo de avaliação de projetos de mineração	43
2.7	Processo formal de planejamento estratégico	47
3.1	Observação sobre o nível de influência dos gestores nos projetos de P&D	51
3.2	Estrutura de Gestão de Projetos de P&D	52
3.3	Meta da Gestão de Portfólio	55
3.4	Fluxo do Método ECV	56
3.5	Diagrama de Bolhas usado pela 3M para gestão do Portfólio de P&D	60
3.6	Fluxograma para construção de um modelo de categorias estratégicas	63
3.7	Fluxo simplificado do Processo de Stage Gate <sup>®</sup>	65
3.8	Adequação do Stage Gate <sup>®</sup> com o tipo de projeto	66
3.9	Modelo Stage Gate <sup>®</sup> e a Revisão do Portfólio	67
3.10	Funnel e a representação do Portfólio de Projetos de P&D	68
3.11	Modelo do Funnel Inovador e Focado	69
4.1	Valor da Opção diante da flexibilidade e incerteza	87
4.2	Espaço de Opções proposto por Luehrman	96
4.3	Exemplo de aplicação do Espaço de Opções	98
4.4	Status do Projeto Exemplo no Espaço de Opções	99
5.1	Visão Geral do Método Proposto	101
5.2	Nível de Influência dos Gestores nos Projetos de P&D	102
5.3	Funnel e as 4 Fases dos Projetos de Pesquisa geológica	103
5.4	Quadrante de Avaliação do Potencial Geológico	106
5.5	Relação entre as variáveis de uma Opção de Compra e os investimentos em Pesquisa Mineral	109
5.6	Simplificação do Modelo Black e Scholes	113
5.7	Espaço de Opções de Luehrman. Exemplo	114
5.8	Foco nas Incertezas Técnicas (Riscos Privados)	120
6.1	Fluxograma de Aplicação do Modelo Proposto para o Estudo de Caso	121
6.2	Mapa de Localização das 4 regiões da MSOL	123
6.3	Plano de 5 anos da Jaguar	124
6.4	Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto A	130
6.5	Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto B	131
6.6	Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto C	132
6.7	Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto D	132
6.8	Status do Funnel na 1ª Rodada de Avaliação	133
6.9	Espaço de Opções na Fase Semi Detalhe	134
6.10	Status do Funnel na 2ª Rodada de Avaliação	134
6.11	Espaço de Opções na Fase Detalhe	136
6.12	Status do Funnel na 3ª Rodada de Avaliação	136
6.13	Espaço de Opções na Fase Avaliação	137
6.14	Status do Funnel na 4ª Rodada de Avaliação	138

6.15	Espaço de Opções e a Evolução dos Projetos	139
6.16	Funnel em todas as Rodadas de Avaliação	139



## LISTA DE GRÁFICOS

5.1	Análise de Sensibilidade das Variáveis do Projeto	118
5.2	Cotação do Ouro LME corrigido pelo CPI	118
5.3	Distribuição do Preço do Ouro de 1971 a 2008	119
A1	Distribuição S Projeto A Fase Semi Detalhe	161
A2	Distribuição S Projeto B Fase Semi Detalhe	162
A3	Distribuição S Projeto C Fase Semi Detalhe	163
A4	Distribuição S Projeto D Fase Semi Detalhe	164
A5	Distribuição S Projeto A Fase Detalhe	166
A6	Distribuição S Projeto B Fase Detalhe	167
A7	Distribuição S Projeto C Fase Detalhe	168
A8	Distribuição S Projeto D Fase Detalhe	169
A9	Distribuição S Projeto A Fase Avaliação	171
A10	Distribuição S Projeto B Fase Avaliação	172
A11	Distribuição S Projeto C Fase Avaliação	173
A12	Distribuição S Projeto D Fase Avaliação	174

## LISTA DE ABREVIATURAS

EBT	Empresa de Base Tecnológica
IMC	<i>Independent Mining Cosultant</i>
PIB	Produto Interno Bruto
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
LME	<i>London Metal Exchange</i>
JORC	<i>Joint Ore Reserve Committee</i>
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno
TOR	Teoria de Opções Reais
MOP	Modelo de Opções de Preços
MBG	Movimento Browniano Geométrico
PRM	Processo de Reversão à Média

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

Investimento pode ser definido como o ato de imediatamente incorrer em um gasto na expectativa de obter ganhos futuros, Dixit e Pindyck (1994, p3). O conceito de investimento se propaga desde a compra de uma nova máquina, mais moderna e que reduza o custo de produção permitindo ganhos futuros com o aumento da margem de lucro até a implantação de uma mina de minério de ferro com reservas estimadas para 30 anos de produção contínua. Outras formas de investimentos menos comentadas são, por exemplo, o fechamento de uma fábrica que gera constantes prejuízos e que, para ser fechada demandarão de seus controladores o “investimento” no pagamento de multas contratuais com fornecedores, clientes e trabalhadores e ainda gastos com recuperação ambiental. Neste caso o que se espera é que as perdas sejam estancadas resultado em custo evitado.

Investimento, portanto é algo constante na vida das pessoas e das empresas. Estamos permanentemente envolvidos com decisões sobre investimentos, sejam eles pequenos ou grandes. Investimentos carregam pelo menos três semelhanças em variados graus: a primeira semelhança é que um investimento é parcialmente ou totalmente irreversível. O ato de investir, se houver mudança de decisão em seguida, implicará na perda parcial ou total do valor investido. Isso é evidente em vários casos como no desenvolvimento de uma mina, compra de uma patente ou pesquisa de novos produtos, Dixit e Pindick (1994). A segunda é a incerteza quanto às condições futuras que podem ser resumidas pelas “Cinco Forças Competitivas” de Michael Porter novos entrantes no mercado, abastecimento, cliente/mercado, novas tecnologias e competidores, Porter (1980). Estas incertezas ainda podem ser associadas ao preço do produto no mercado para o caso de commodities onde muitos autores associam um comportamento estocástico, Schwartz (1987). A terceira é o tempo. Investimentos podem ser adiados e o valor do dinheiro será ajustado conforme sua demanda pelo mercado o que é traduzido pela taxa de juros, Damodaran (2002).

Para as empresas, investimentos podem assumir dimensões estratégicas quando afetam a vida da empresa no longo prazo. Exemplo: a abertura de uma nova mina de cobre sob a incerteza do preço do metal e da necessidade de investir US\$ 250 Milhões, Hatch e IMC (2004) pode afetar o valor de uma empresa cujas ações são negociadas em bolsa e podem perder, de forma irreversível, seu valor de mercado. Assim, investimentos como uma forma de estratégia empresarial passa a ser de vital importância para qualquer empresa, Hax e Majluf (1992).

Não basta para uma empresa ser eficiente. É necessário que ela crie uma posição única e valiosa em relação aos demais concorrentes no mercado, que faça escolhas sobre o que fazer e o que não fazer, e a forma como ela vai executar suas atividades, Porter (2000). É na necessidade de fazer escolhas que reside a importância das decisões de investimentos, Hax e Majluf (1992).

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de bauxita, nióbio, minério de ferro, manganês, níquel, tântalo, cobre, estanho e gemas segundo o Business Monitor Mining Report (2008) o que faz da mineração um dos setores mais importantes para a economia brasileira respondendo por 4,3% do PIB Brasileiro em 2008 (IBRAM, 2009).

Ao abordar investimentos em mineração, vamos focalizar uma fase importante para as empresas de mineração: a pesquisa geológica, Maranhão (1985, p.18). Esta fase é composta de diversas etapas de investimentos que, de forma seqüencial geram subprojetos nos quais são investidos recursos financeiros e humanos em escala crescente que devem trazer respostas que confirmem ou não o valor esperado do recurso mineral que justifique a continuidade dos trabalhos até a decisão de desenvolver a mina e explorá-la economicamente.

Algumas empresas de mineração têm em sua estratégia de atuação investir em pesquisa geológica e assim criar opções de investimento no desenvolvimento de novas minas garantindo a produção no longo prazo. Esta estratégia cria a necessidade de gerenciar vários projetos de pesquisa na forma de um portfólio de projetos.

A pesquisa geológica traz para as empresas flexibilidade estratégica, o que se traduz em maior valor para os acionistas ou controladores. Trata-se de ter estoque de matéria prima a um custo controlável, mas principalmente de ter opções de adiamento, antecipação, expansão ou suspensão da produção de acordo com o comportamento do mercado de commodities minerais.

## **1.2 Descrição do Problema**

Este trabalho vai centrar seu foco na decisão de investimento durante as fases de pesquisa geológica. Pretende-se resolver o problema metodológico no processo de gestão de projetos de pesquisa geológica provendo aos tomadores de decisão, uma metodologia que permita avaliar cada etapa de pesquisa geológica de forma intuitiva e simples, mas sem deixar de capturar todas as opções de valor de cada projeto.

Para isso lançaremos mão das técnicas de mapeamento de projetos usadas na gestão de desenvolvimento de novos produtos conhecidas por Funnel de Clark e Wheelwright (1993) e os critérios de seleção de projetos dentro de um portfólio propostos por Copper (1997a

,1997b) além do método de Escore para avaliação de alvos geológicos de Maranhão (1985). Para lidar simultaneamente com a seleção e priorização de projetos, utilizaremos o método de precificação baseado no Modelo de Opções de Preços proposto por Black e Scholes (1973) e a Teoria de Opções Reais, Dixit e Pindyck (1994); Trigeorgis (1996); Copeland (2002), integrados através do Espaço de Opções proposto por Luehrman (1998a e 1998b).

### **1.3 Objetivos Gerais e Específicos**

Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar a aplicação do método de gestão de desenvolvimento de novos produtos no mapeamento de projetos de pesquisa geológica e associar a este método o critério de avaliação econômica de cada fase através do Modelo de Opções de Preços de Black e Scholes (1973).

Como objetivo específico, este trabalho espera propor um procedimento de gestão de projetos de pesquisa geológica que melhore o processo de gestão e decisão sobre investimento até o momento de desenvolver uma mina. Como resultado secundário espera-se que o procedimento proposto ajude as empresas a maximizar seus resultados com pesquisa geológica gerando mais recursos minerais através de seus recursos humanos e financeiros em menos tempo.

### **1.4 Organização do Trabalho**

No Capítulo 2, será estudada a pesquisa geológica, sua dinâmica dentro das empresas de mineração e seu valor para o negócio de mineração. Os estudos terão como base a observação de empresas de mineração que atuam principalmente no Brasil, Canadá, África do Sul e Chile. Foi realizado trabalho de campo através de consultas e entrevistas junto aos especialistas em pesquisa geológica e tomadores de decisão sobre investimento e coleta de dados reais dos projetos desta empresa. Textos acadêmicos e normas técnicas internacionais foram usados para indicar as principais técnicas de avaliação usadas na pesquisa geológica. Será demonstrado como os investimentos em mineração são avaliados tendo como base os projetos apresentados aos investidores nas bolsas de valores de Toronto no Canadá e Sidney na Austrália, países que adotaram rígidos procedimentos de controle do processo de pesquisa geológica. Finalmente será abordada a construção da estratégia empresarial desde a visão da empresa em seus aspectos internos até sua condição competitiva dentro do mercado. Daremos foco à execução da estratégia através da gestão de seus programas de investimentos.

O Capítulo 3 abordará a gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento no âmbito da gestão de desenvolvimento de novos produtos através da: gestão de portfólios de projetos de

pesquisa, mapeamento de projetos, o método *Funnel* aplicado ao desenvolvimento de novos produtos e os métodos de seleção e priorização de projetos de P&D entre eles o Stage Gate® de Copper et al (1997a e 1997b). Será dada especial atenção ao alinhamento da gestão de portfólio com a estratégia geral da empresa, discutida no Capítulo 2.

O Capítulo 4 buscará a teoria acadêmica sobre avaliação de investimentos sob incerteza de mercado e incertezas técnicas. Serão tratadas as técnicas de avaliações de investimentos desde o método de Fluxo de Caixa Descontado até o Modelo de Opções de Preços que deu origem a Teoria das Opções Reais. Abordaremos as técnicas de resolução de problemas de avaliação em especial a aplicação da simulação de Monte Carlo na avaliação das incertezas técnicas e de mercado.

O Capítulo 5 vai utilizar as teorias estudadas sobre a pesquisa geológica, a gestão de portfólio de projetos de P&D e a avaliação de investimentos para propor um procedimento para gestão de portfólios de projetos de pesquisa geológica. O procedimento buscará a simplicidade da aplicação em um mundo real reconhecendo as limitações de tempo e de conhecimento sobre as técnicas matemáticas dos tomadores de decisão.

O Capítulo 6 vai abordar a aplicação do procedimento proposto no Capítulo 5 em um caso real de uma empresa de mineração na gestão de seu portfólio de projetos de pesquisa geológica. Vamos descrever sua estratégia empresarial, cada um dos ativos minerais em operação, sua forma atual de gestão de portfólio de projetos de pesquisa geológica. Foram usadas informações e dados públicos da empresa e adicionados dados reais coletados durante a pesquisa de campo que permitiram a aplicação do procedimento proposto.

No Capítulo 7 faremos uma avaliação geral do estudo além de expor algumas conclusões e propor estudos para continuidade deste trabalho.

## **1.5 Metodologia de Pesquisa**

A natureza deste trabalho envolve a proposição de um procedimento para auxiliar na decisão sobre investimentos em portfólio de projetos de pesquisa e desenvolvimento. O estudo relata como o procedimento foi desenvolvido e como foi testado.

Por estas características, foi adotado como método de pesquisa o estudo de caso em que uma única empresa foi estudada o que permitiu aprofundamento dos estudos.

### **1.5.1 Justificativa da escolha**

De acordo com Voss et al (2002, p.197) o método do estudo de caso deve ser utilizado por três características da metodologia:

- Os estudos podem ser realizados através de observação dos fenômenos em seu estado natural. No caso de empresas, o próprio ambiente, as pessoas e seus métodos usados são fontes de estudo apenas pela observação. Segundo Meredith (1998, p.444) hipóteses e teorias emergem destas observações;
- É possível responder questões “porque”, “o que” e “como” mesmo diante de fenômenos complexos como é o caso do processo de decisão sobre investimentos em empresas médias e grandes;
- Em investigações exploratórias onde as variáveis ainda são desconhecidas ou não totalmente reveladas e que o fenômeno não foi totalmente identificado.

As razões apontadas por Voss e Meredith atendem a dois objetivos do nosso projeto de estudos: construção de uma proposta de procedimento e teste destes procedimentos.

Estas características – desenvolvimento de teorias assim como os testes de confirmação destas teorias são igualmente suportados por Yin (1994) e Eisenhardt (1998).

As desvantagens do método são segundo Meredith (1998, p.443) o tempo gasto com observações do fenômeno e por Eisenhardt (1998, p.547) dificuldade em generalizar os resultados dos estudos.

Neste projeto resolvemos apenas a desvantagem relacionada com o volume de informação devido à nossa facilidade particular em acessar dados e informações de vários casos simultaneamente por um tempo relativamente longo. O Quadro 1.1 resume os fenômenos estudados ao longo de 4 anos e que geraram as primeiras idéias para este trabalho.

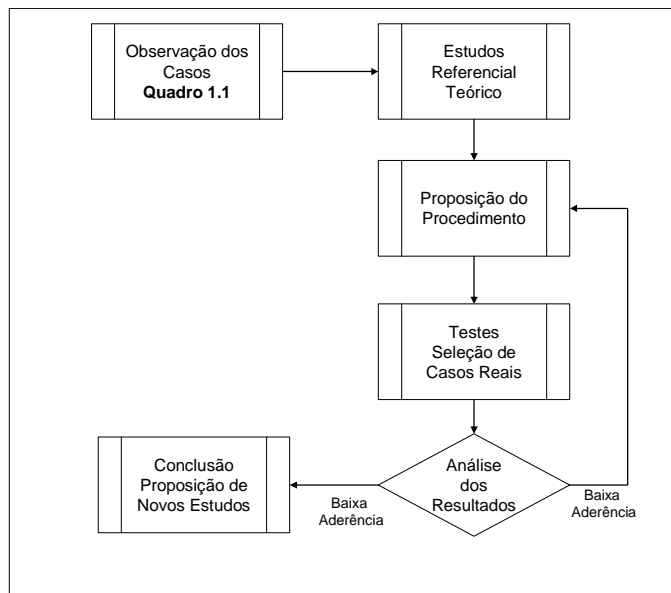
<b>Caso</b>	<b>Empresa</b>	<b>Período Estudado</b>	<b>Fases Estudadas</b>
Projeto Monte Cristo	Prometalica Mineração	2004 - 2008	Pesquisas Geológicas, Viabilidade, Operação e suspensão
Projeto Americano do Brasil	Prometalica Mineração	2005 - 2008	Operação
Projeto Sabará	Mineração Serras do Oeste	2005 - 2008	Viabilidade e Operação
Projeto Turmalina	Mineração Turmalina Ltda	2005 - 2008	Pesquisas Geológicas, Viabilidade e Operação
Projeto Paciência	Mineração Serras do Oeste Ltda	2006 - 2008	Pesquisas Geológicas, Viabilidade e Operação
Projeto Caeté Expansão	Mineração Serras do Oeste Ltda	2006 - 2008	Pesquisas Geológicas, Viabilidade e Operação

**Quadro 1.1 – Resumo dos Projetos Estudados na fase da construção da idéia**

### **1.5.2 Formatação dos estudos**

Foram estabelecidas duas fases de pesquisa. A primeira consistiu da observação do processo de decisão das empresas mostradas no Quadro 1.1 sobre decisão de investimentos em

pesquisa geológica. A segunda fase, precedida de estudos teóricos serviu para testar os procedimentos propostos cuja formatação surgiu durante a primeira fase e os estudos dos referenciais teóricos. A Figura 1.1 mostra o fluxo das atividades que caracterizaram as fases de pesquisa durante o desenvolvimento deste trabalho.



**Fig. 1.1 – Fluxo das atividades do estudo**

### 1.5.3 Escolha dos casos

Os textos sobre “Estudo de Casos” sugerem que quanto maior o número de casos estudados menor será a profundidade dos estudos Voss *et all* (2002, p.201).

Pela disponibilidade e acesso às informações, optamos por estudar de forma superficial e retrospectiva 6 casos nas 4 empresas nas quais o acesso era facilitado para a 1ª Fase quando esperávamos construir o procedimento. Com os estudos teóricos, decidimos pelo estudo de apenas um caso em uma empresa para a 2ª Fase quando esperávamos testar os procedimentos. Também na 2ª Fase, adotamos a pesquisa retrospectiva usando dados e resultados existentes para comparar com os resultados obtidos pela aplicação dos procedimentos propostos.

### 1.5.4 Instrumentos utilizados e coleta de dados

Para as duas fases da pesquisa, adotamos ferramentas de acordo com os objetivos de cada fase. Para a 1ª Fase, quando estávamos construindo o procedimento, foram usadas ferramentas de observação não estruturadas de eventos internos. Estes eventos foram reuniões para análise de projetos, reuniões para análise dos resultados das pesquisas geológicas, discussões entre geólogos e engenheiros de minas sobre os métodos de pesquisa geológica, avaliação dos resultados e avaliação dos projetos. Nesta fase também foi utilizada a entrevista não



estruturada, aplicada quando era necessário congelar algumas conclusões, mesmo que temporariamente.

Na 2ª Fase foram usados testes com dados do caso selecionado. Estes dados abasteceram os modelos que serviram para sustentar o procedimento propostos. Os resultados dos modelos foram comparados com as decisões tomadas pela empresa.

#### **1.5.5 Validade e confiabilidade**

Conforme propõe Yin (1994, p.33-36) a validade e a confiabilidade dos dados em estudos de caso dependerão da fase em que os estudos estão sendo desenvolvidos.

Pelo propósito desta dissertação, alcançamos a validade interna dos dados uma vez que foi possível associar os resultados obtidos pelo procedimento sendo proposto com os resultados obtidos pela empresa com seus procedimentos tradicionais.

Ainda conforme Yin, a confiabilidade dos dados foi garantida através do protocolo de dados já adotado pela empresa: dados sobre custos, orçamentos, preços e prazos são constantemente testados pela empresa e por empresas especializadas que validam os dados para os estudos internos das empresas estudadas.

#### **1.5.6 Análise dos Dados**

De acordo com Eisenhardt (1998, p.539) a análise de dados para obtenção de conclusões parciais ou totais pode ser realizada através da construção de padrões de análise que permitam a análise dos resultados das pesquisas com os próprios casos estudados ou então através da análise comparativa entre os dados dos casos estudados e de outros casos com propostas de estudos semelhantes.

Nosso estudo demandou a análise dos dados gerada pelo próprio caso estudado o que demandou a construção prévia de padrões de análise. Estes padrões foram determinados pela experiência do pesquisador na análise de casos semelhantes através dos métodos tradicionais.

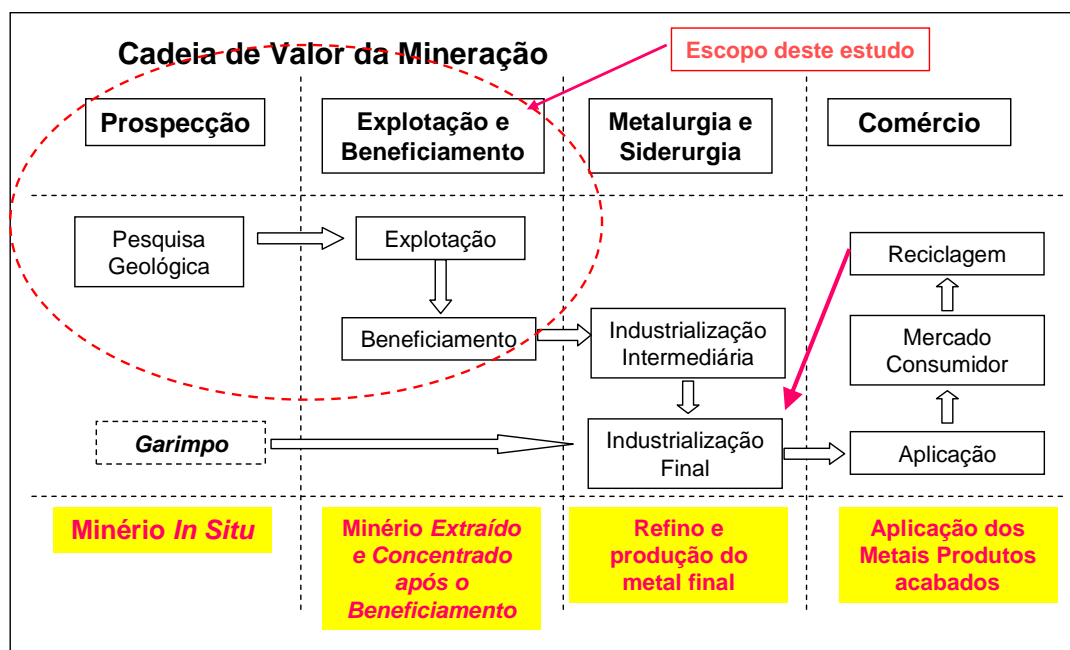
## 2 PESQUISA GEOLÓGICA

### 2.1 Indústria Mineral

Segundo Juvenil Félix no capítulo sobre “Prática de Mineração na Mina de Passagem” do livro “Ouro em Minas Gerais” de Paul Ferran reeditado em 1998 pela Fundação João Pinheiro a Mineração tem uma definição ampla como segue:

*“Ensina o Prof. Joaquim Maia, da Escola de Minas de Ouro Preto, que mineração é Arte e Ciência, entendendo-se ainda que: “mineração é a arte de descobrir, avaliar e extrair as substâncias minerais úteis existentes no interior ou na superfície da terra”. Sendo Arte (conjunto de preceitos para perfeita execução de uma finalidade), “a mineração deve ser entendida como arte liberal, isto é, mais depende da inteligência que de habilidades manuais””, Félix (1998)*

Outra definição da mineração, sob o ponto de vista macro econômico foi dada pelo DNPM<sup>1</sup> - Departamento Nacional de Produção Mineral em seu Relatório Mineral e é resumida através da figura 2.1



**Fig. 2.1 A Cadeia de Valor da Mineração**

Adaptado do Relatório Anual do DNPM Volume II, 2007

<sup>1</sup> DNPM é órgão do governo federal do Brasil ligado ao ministério das Minas e Energia e que regula as atividades do setor mineral, entre elas as outorgas sobre Direito Mineral

Na definição do DNPM a indústria mineral é uma cadeia de adição de valor aos recursos minerais encontrados no solo e no subsolo que é estruturada em 4 etapas conforme mostrado na figura 2.1 e descrita a seguir:

- a) **Prospecção:** segundo Maranhão (1985) é a atividade responsável pelo planejamento dos trabalhos de pesquisa geológica assim como pela quantificação e qualificação dos recursos e das reservas minerais nos depósitos encontrados. O DNPM classifica o Garimpo como uma atividade paralela à mineração por não utilizar-se das técnicas e práticas reconhecidas pelos órgãos reguladores na mineração. Neste sentido o DNPM recomenda a convivência com a atividade de garimpo que exerce um importante papel na atividade inicial atuando como “farejadores” de depósitos minerais. Uma ressalva é feita quanto ao atendimento às regras ambientais que nem sempre são respeitadas pelas atividades de garimpo. Nesta fase o minério está no solo ou *In Situ* e os teores dos minerais são mais baixos e ainda impróprios para uso comercial.
- b) **Exploração<sup>2</sup> e Beneficiamento:** são as atividades que se encarregam da extração do minério do solo ou subsolo, seu transporte até o beneficiamento onde são eliminadas as substâncias que não tem valor comercial elevando os teores do produto final em relação ao minério de 10 a 100 vezes dependendo das condições encontradas. O produto final desta fase é chamado de concentrado e pode ser transportado entre países em distâncias transoceânica, por exemplo do Brasil para a China.
- c) **Metalurgia e Siderurgia:** nesta fase o minério concentrado é processado até que se atinja a pureza final do metal ou dos metais objeto, por exemplo, os metais nobres (ouro, prata e platina), metais básicos (Cobre, Níquel, Zinco e chumbo) e os metais ferrosos e industriais (ferro e manganês).
- d) **Comércio:** o produto final em estado metálico é aplicado nas atividades da etapa nomeada comércio onde ganharão valor como produto de consumo por exemplo carros, aviões, eletrodomésticos, tintas, fertilizantes entre outros. Um efeito desta etapa é a manutenção de estoques dos metais em bolsas de negociação de metais como a LME - London Metal Exchange. Na LME são realizadas transações diárias de compra e venda além de operações de opções sobre praticamente todos os metais básicos e metais preciosos do mundo. A partir da LME os preços são definidos para os contratos entre as minas (Setor de Exploração e Beneficiamento) e as empresas do Setor Metalurgia e Siderurgia.

---

<sup>2</sup> Exploração: “Ação de explorar. Tirar proveito econômico de determinada área, sobretudo quanto aos seus recursos naturais. Segundo Aurélio Buarque de Holanda Ferreira em Dicionário da Língua Portuguesa 1999.

Para o DNPM termo “pesquisa geológica” descreve o trabalho executado pelos geólogos, geofísicos e engenheiros de minas.

**O foco desta dissertação será dado à fase de pesquisa geológica.**

## **2.2 Descrição da Pesquisa Mineral e suas fases**

Segundo Maranhão (1985) a prospecção sistemática de uma região em busca das suas potencialidades minerais é normalmente composta de **3 fases** sequenciais:

- a) A primeira fase é a **exploração geológica** quando são reconhecidas as grandes áreas, executados os primeiros levantamentos geológicos e selecionadas as regiões prioritárias que serão detalhadas na segunda fase.
- b) A segunda fase é a **prospecção superficial** em que são realizados trabalhos de abertura de trincheiras em solo, poços, análise geoquímica e geofísica e alguns trabalhos de sondagem, Duchini (2006). Esta fase exclui os alvos que não apresentaram resultados e leva para a fase seguinte os alvos com potencial para aproveitamento econômico
- c) A terceira fase é a **avaliação dos depósitos** tendo como base os alvos selecionados na fase anterior. Esta avaliação deve determinar os volumes de minério e os teores dos minerais nele contidos através do que Maranhão chama de “geometrização do minério”. Para isso são empregados recursos de sondagem profunda e abertura de galerias e rampas no subsolo para ter acesso ao corpo de minério.

Duchini (2006) adota um critério de trabalho em **4 fases** semelhantes à proposta de Maranhão:

- a) Fase **Regional** em que se busca identificar em uma área maior, por exemplo, 40.000 hectares<sup>3</sup>, os alvos que tem potencial para apresentar os minerais de interesse econômico.
- b) Fase **Semi Detalhe** os alvos selecionados na fase anterior são investigados principalmente através de métodos indiretos<sup>4</sup> e priorizados em função do potencial para apresentar minerais de interesse.
- c) Fase de **Detalhe** os alvos são investigados principalmente através de métodos diretos que permitem comprovar os recursos detectados na fase anterior. Nesta fase ocorre

---

<sup>3</sup> 1 Hectare é igual 10.000 metros quadrados

<sup>4</sup> Ver Quadro 2.1 neste item.

nova seleção de alvos com descarte daqueles que apresentaram resultados abaixo dos limites esperados pelos geólogos.

- d) A última fase é chamada de **Avaliação** em que são empregados métodos diretos com maior densidade. O resultado é a determinação do volume de minério e dos teores dos minerais nele contidos além da definição do formato do corpo de minério ou sua “geometrização” conforme Maranhão propõe.

Duchini explica que a cada fase são tomadas decisões sobre o prosseguimento para as fases seguintes. A importância desta decisão está no aumento do comprometimento de mais recursos limitando o espaço para novos projetos dentro do portfólio. A cada avanço de fase é reduzida a área de pesquisa enquanto o custo da exploração aumenta de forma acelerada conforme mostra o Quadro 2.1.

Fase	Classificação	Métodos usados	Resultados Pretendidos	Área	Custo
1	Regional	Aerogeofísica, Drenagem, Malhas abertas (< 500 mts) de Geoquímica de Solo. <b>(Métodos Indiretos)</b>	Selecionar alvos	100	1
2	Semi detalhe	Malhas mais fechadas (> 500 mts) de geoquímica de solo com abertura reduzida e trincheiras. <b>(Métodos Indiretos)</b>	Classificar os alvos que passarão para a próxima fase dando a eles prioridade	10	10
3	Detalhe	Trincheiras e/ou sondagem rotoperfussiva. <b>(Métodos Diretos)</b>	Definir os limites do corpo de minério nos alvo descartando os alvos que não demonstrarem potencial. Recurso mineral definido.	1	100 a 200
4	Avaliação	Sondagem e/ou abertura de acesso ao corpo de minério <b>(Métodos Diretos)</b>	Definir a reserva mineral que dará suporte aos estudos de viabilidade	0,1 a 1	300 a 500

### Quadro 2.1 – Descrição das Fases de Pesquisa Geológica

Adaptado de Duchini (2006)

No Quadro 2.1 a área é reduzida na proporção de 100 para 1 da primeira até a quarta fase. Em contrapartida, os custos dos trabalhos de pesquisa aumentam mesmo que a área seja reduzida. Isso se deve a utilização, nas fases mais avançadas, de métodos diretos de pesquisa que buscam amostrar o minério de forma sistemática e tem custos proporcionais muito mais altos. De acordo com Maranhão (1985) o desafio do geólogo na gestão das fases de pesquisa mineral é minimizar o investimento e maximizar o descobrimento de reservas minerais.

**Neste estudo adotaremos o método de 4 fases proposto por Duchini (2006) e utilizado em mineradoras produtoras de Ouro no Brasil<sup>5</sup>.**

<sup>5</sup> O geólogo Jaime Duchini trabalhou na AngloGold Ashanti, uma das maiores produtoras de ouro do mundo que opera há mais de 100 anos e é Geólogo Chefe da Mineração Serras do Oeste Ltda, ambas produtoras de Ouro.

### 2.3 Classificação dos Depósitos Minerais

Os profissionais de geologia e mineração adotam termos específicos para classificar os depósitos minerais. Esta classificação varia de acordo com os trabalhos realizados e métodos utilizados.

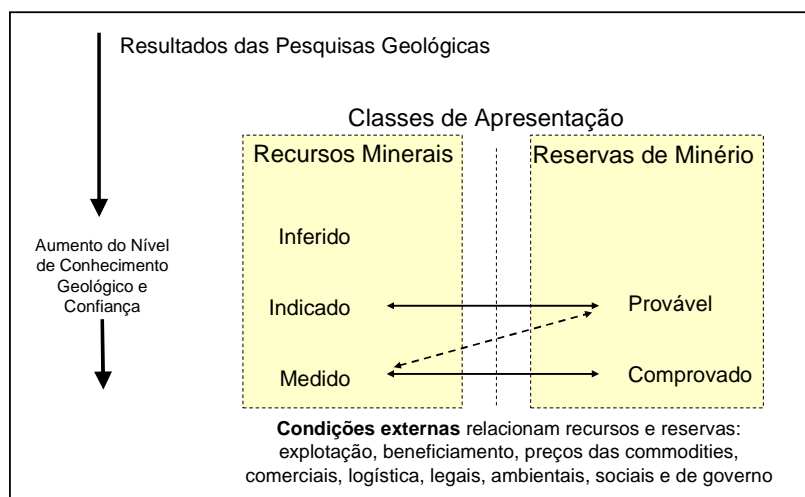
O DNPM trabalha para padronizar no Brasil<sup>6</sup> o método de classificação criado e adotado pela Austrália conhecido como JORC<sup>7</sup>. Os objetivos da norma australiana são:

- Padronizar a forma de reportar resultados das pesquisas geológicas;
- Definir os critérios necessários para classificação dos depósitos e
- Definir as condições externas para a classificação dos volumes do depósito entre recursos e reservas.

A definição das condições externas que podem variar de acordo com:

- Questões técnicas relativas à exploração e beneficiamento do minério,
- Custos operacionais, volumes de investimento inicial e infra estrutura local,
- Preços das commodities e taxas de câmbio,
- Questões legais, regionais, governamentais e ambientais.

A norma propõe duas classes de apresentação dos trabalhos de avaliação de depósitos minerais e dentro destas duas classes existem subclasses. As duas classes se relacionam de acordo com as condições externas relacionadas acima. A relação entre as classes é mostrada na Figura 2.2.



**Fig 2.2 – Relacionamento entre Recursos Minerais e Reserva de Minério**

Fonte: The JORC Code (2004)

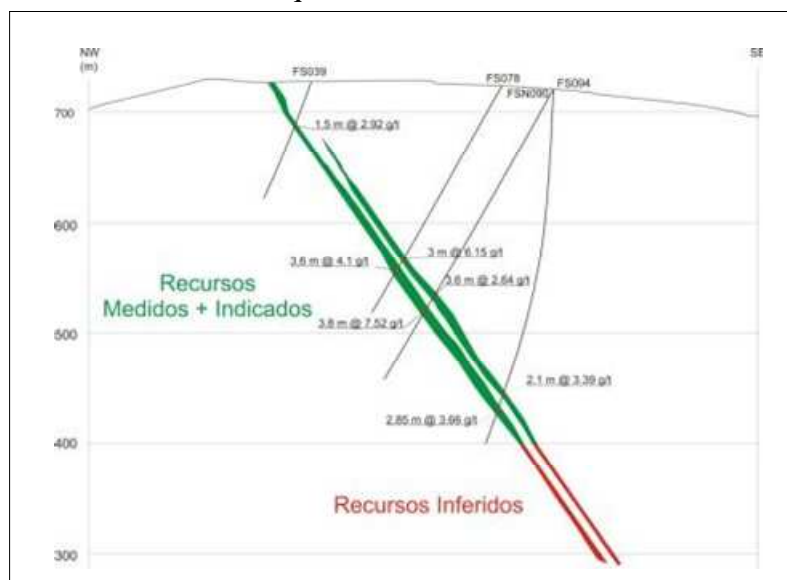
<sup>6</sup> De acordo com a Portaria nr 229 de 29 de Abril de 2002 do Ministério das Minas e Energia.

<sup>7</sup> JORC – Joint Ore Reserve Committee. Norma Australiana usada para determinação das de reservas de minério.

A norma JORC busca diferenciar as duas classes de depósitos minerais e também o papel dos profissionais envolvidos. A norma determina o que é “recurso mineral” através do volume de trabalho de pesquisa realizado sobre o depósito mineral. A figura 2.3 mostra um exemplo de uma mina de ouro real. Trata-se de um corte em seção vertical que mostra parte dos trabalhos de pesquisa geológica. Estes trabalhos usaram o método sondagem que através de furos extrai amostras representativas da rocha no subsolo. Os furos de sondagem são identificados na figura pelas linhas nomeadas com códigos “FS” numeradas. Estes furos interceptam a mineralização que contém o minério aurífero. A cada interceptação as amostras indicam o teor de ouro e a espessura da mineralização: exemplo 3,6 m @ 4,1 g/t ou 3,6 metros de espessura com 4,1 gramas de ouro por tonelada.

A figura 2.3 mostra que onde foram realizados muitos furos (o desenho omite parte dos furos para facilitar o entendimento) é possível classificar o recurso mineral como “medido + indicado”. Nas áreas onde a densidade de furos é menor, o recurso é considerado “inferido” uma vez que a densidade de amostras é menor. Assim, na figura, o recurso medido + indicado é mostrado na cor verde enquanto o recurso inferido é mostrado na cor vermelha.

Para que os recursos inferidos recebam a classificação de indicados ou medidos, é necessário aumentar a densidade de amostras o que demanda maiores investimentos.



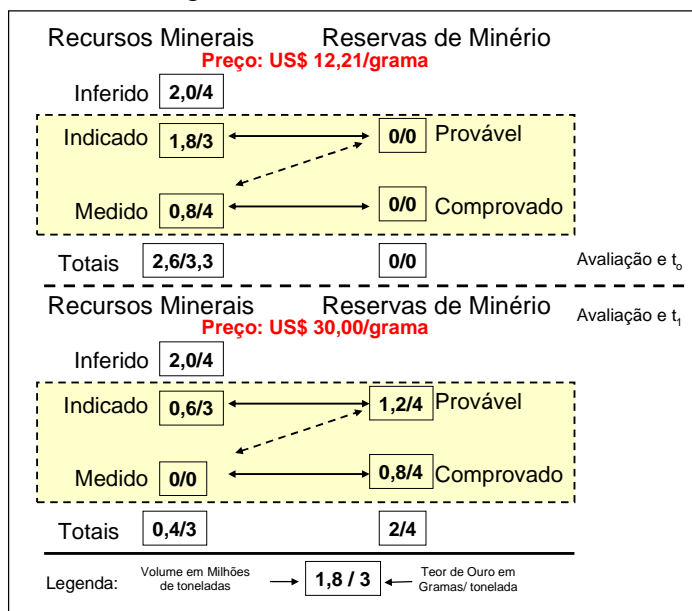
**Fig. 2.3 Exemplo de classificação de recursos minerais**

Fonte: Imagem cedida pela MSOL

Para determinar os recursos minerais, são necessários quase que exclusivamente o trabalho dos geólogos. Entretanto os recursos minerais reportados pelos geólogos falam apenas da

descrição geológica do depósito, seu volume, sua forma, os teores dos minerais e informações geo-mecânicas<sup>8</sup> do depósito.

Para que um recurso mineral se torne reserva de minério é necessário envolver outros profissionais para que estabeleçam as condições externas que serão usadas para determinar se o aproveitamento daquele depósito mineral é econômico e pode ser realizado de acordo com normas e regulamentos da região. Na figura 2.1 este processo acontece conforme é mostrado pelas setas bidirecionais. Um determinado volume de “Recurso Indicado” pode ser total ou parcialmente classificado como “Reserva Provável” se, após estudos de engenharia e avaliações econômicas, for viável economicamente. Os estudos de engenharia realizam a tarefa de determinar a forma tecnicamente correta de explorar o minério do solo e beneficiá-lo de forma que os custos totais sejam inferiores aos preços médios de venda e que o impacto do empreendimento não ultrapasse os limites legais. Entretanto, se alguma lei é alterada ou se os preços das commodities minerais caem, o que era classificado como “Reserva provável” pode voltar a ser classificado como “Recurso Indicado” ou então “Recurso Medido” por ter seus custos de operação superiores aos preços de venda. É importante notar que uma nova lei pode aumentar os custos de produção por demandar alterações do processo produtivo. Um exemplo em que o volume de recursos “Medidos” e “Indicados” é alterado para “Reserva Provável e Comprovada” é mostrado na figura 2.4.



**Fig. 2.4 Exemplo da relação entre recurso mineral e reserva de minério**

<sup>8</sup> Condições geomecânicas do depósito dão conta da estabilidade da rocha e sua plasticidade aos métodos de lavra. Boas condições geomecânicas resultam em processos de exploração mais baratos de acordo com informações verbais passadas pelo Geólogo Jaime Duchini



No exemplo da Figura 2.4 a mudança de recurso para reserva acontece quando o preço do ouro aumenta de 12,21 US\$/grama no momento  $t_0$  para 30,00 US\$/grama depois de certo tempo no momento  $t_1$ . Com um preço mais alto, os recursos minerais medidos e indicados tornaram-se viáveis economicamente e recebem a classificação de “Reservas Prováveis e Comprovadas”. No exemplo da figura 2.4 nem todo o recurso mineral medido e indicado foi classificado como reserva após o aumento do preço do ouro. Isso se deve ao fato de que nem todo o recurso tornou-se viável economicamente já que os teores e as condições da mineralização variam ao longo do espaço.

**Neste estudo trataremos apenas dos recursos minerais uma vez que nosso foco será o gerenciamento de portfólios de projetos de pesquisa geológica.**

#### 2.4 Conceitos sobre os Métodos de Pesquisa Geológica

Segundo Maranhão (1985) e Maciel (2007) os métodos de pesquisa geológica vão variar de acordo com o tipo de trabalho a ser realizado. Nas áreas de óleo e gás são aplicados recursos muito sofisticados e de elevado custo, principalmente nas pesquisas em alto mar. Para os minerais ferrosos e não ferrosos são usados métodos complexos, mas de menor custo relativo e finalmente a área de minerais industriais (cromo e manganês entre outros) e de engenharia (granitos, mármore e brita) em que são empregados métodos simples de baixo custo.

Segundo os relatórios de avaliação realizados por Mach e Rigby (2006) publicados na Bolsa de Valores de Toronto no Canadá, os custos de alguns dos principais métodos de pesquisa geológica no Brasil foram estimados conforme Quadro 2.2.

Método	Fases em que é usado	Custo em Reais por Hectare
Geofísica aérea 100 por 200 mts	Regional	33
Geofísica terrestre 100 x 100 mts	Regional	300
Geoquímica de solo 100 x 200 mts	Regional e Semi Detalhe	3.000
Trincheiras 50 mts	Semi Detalhe e Detalhe	50.000
Sondagem 50 x 50 mts	Semi Detalhe	200.000
Sondagem 25 x 25 mts	Detalhe e Avaliação	625.000
Rampas subterrâneas*	Avaliação	14.000.000

\* Custo para uma rampa com 1.500 metros e dois níveis

#### **Quadro 2.2 Custos Estimado dos Métodos de Pesquisa**

Fonte: Mach e Rigby (2006).

Maranhão (1985) mostra que os custos de pesquisa geológica em grandes projetos variam de 0,4% a 1,8% do custo total de um empreendimento mineral. Assim, apesar do risco inerente à atividade de pesquisa mineral, ele recomenda a aplicação sistemática destes métodos para assegurar uma decisão correta quanto aos investimentos para a fase produtiva.

## 2.5 Definição da Viabilidade do Prosseguimento de uma Pesquisa Geológica

Segundo Demitrakopoulos (2008) uma das metas do trabalho de pesquisa geológica é a redução da incerteza quanto ao investimento em um empreendimento mineral. Ele aponta 3 fontes de incerteza:

- a) De natureza **Técnica** que provém das incertezas sobre a formação da reserva mineral, ou seja, seu volume, o teor dos minerais nele contidos e o formato geométrico;
- b) De natureza **Financeira** que está ligada principalmente ao preço dos produtos minerais e também aos fatores externos que influenciam os custos da operação tais como taxas de câmbio e inflação;
- c) Do **Meio Ambiente** que está ligada a questões sobre o impacto ambiental máximo suportado pela comunidade e que é resultante do processo utilizado.

Os estudos realizados para quantificar e qualificar as reservas minerais e determinar os métodos para aproveitamento dos minerais contidos nestas reservas busca minimizarem as incertezas técnicas e ambientais.

Maranhão (1985) mostra que apenas quando as pesquisas geológicas são concluídas é feita uma análise de viabilidade baseada na técnica do fluxo de caixa descontado. Ele recomenda que, nas fases intermediárias do processo de pesquisa geológica, sejam mantidos métodos sistemáticos de decisão.

Já Demitrakopoulos (2008, p.3) faz uma relação direta do processo de decisão em investimentos minerais, com o modelo de opção de compra baseados no Modelo de Opções de Preços de Black e Scholes (1973) e da Teoria Opções Reais. Um investidor que decida investir em um projeto de pesquisa geológica passa a ter o direito de avaliar o depósito mineral, mas não tem a obrigação de prosseguir com o empreendimento ou mesmo com a próxima fase da pesquisa se os resultados não forem conforme o esperado exatamente como um enunciado de opção de compra.

Maranhão alerta que as informações obtidas na primeira fase de pesquisa são incertas e não configuram dados para serem usados em análise econômica por fluxos de caixa.

Assim, ele propõe o uso de um modelo de pontos para classificar o depósito usando as primeiras informações recebidas. Este modelo foi proposto inicialmente por Kusvart e

Bohmer (1978) e usa a analogia do depósito mineral em estudos com depósitos já conhecidos e procura dar de 0 a 2 pontos para cada quesito proposto pelo método. O Quadro 2.3 mostra o “escore” e o modelo de pontos:

Requisitos	Pontos		
	2	1	0
Tamanho do Depósito	Grande	Médio	Pequeno
Qualidade do Minério	Alta	Normal	Baixa
Condições Técnicas de Mineração	Muito Favorável	Normal	Desfavorável
Condições de Infra Estrutura Local	Muito Favorável	Normal	Desfavorável
Quantidade de minério por área	Grande	Média	Pequeno

### Quadro 2.3 Modelo de Escore para Seleção de Depósitos Minerais

Fonte: Maranhão (1985) Kusvart e Bohmer (1978)

Após a pontuação, que pode somar um máximo de 10 pontos, o depósito é classificado da seguinte forma:

- Depósitos excepcionalmente importantes: 9 a 10 pontos.
- Depósitos muito importantes: 7 a 8 pontos.
- Depósitos comuns 5 a 6 pontos.
- Depósitos de valor incerto 3 a 4 pontos.
- Depósitos sub econômicos 0 a 2 pontos.

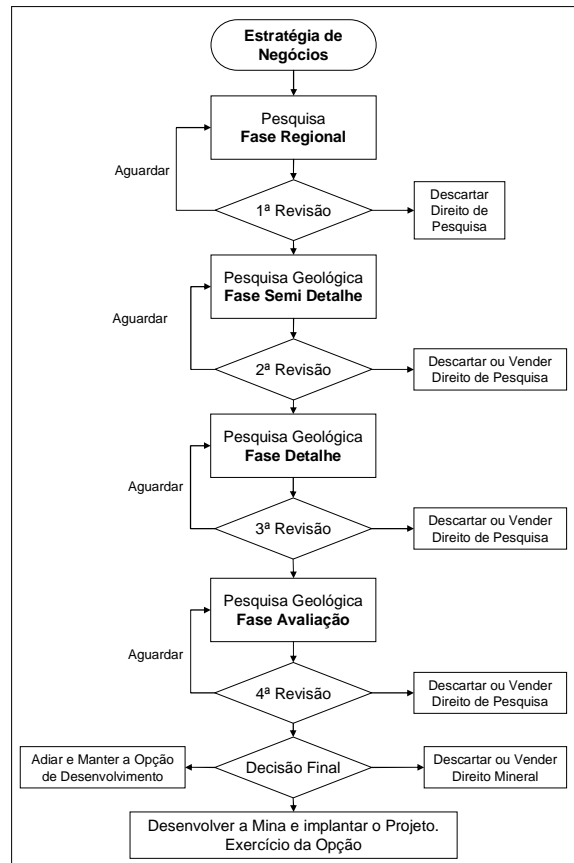
Depósitos que nas fases iniciais já mostram ter pontuação abaixo de 3 pontos, segundo Maranhão, devem ser descartados. Maranhão também propõe um fluxo de decisão em 3 etapas que deverá ao final de cada etapa decidir ou não pelo prosseguimento.

Existem, segundo Duchini<sup>9</sup> outras decisões possíveis:

- a) **Manter** os trabalhos de exploração uma vez que os resultados ainda não atingiram as metas esperadas, mas mostram existir potencial para atender as estratégias da empresa. Neste caso os investimentos continuam por mais tempo;
- b) **Rejeitar** os trabalhos cessando os gastos. O direito mineral é descartado e pode ser devolvido ao dono ou vendido a outra empresa;
- c) **Prosseguir** com os investimentos em uma nova fase.

O fluxo resultante da combinação das propostas de Maranhão, Duchini, Demitrakopoulos e a norma JORC são mostrados na figura 2.5.

<sup>9</sup> Informações verbais recebidas através de encontros formais e informais durante a fase de pesquisa.



**Figura 2.5 Fluxo com as 4 fases da pesquisa geológica**

Baseado em Maranhão (1985), Duchini (2006), Demitrakopoulos (2008) e JORC (2004)

Um depósito mineral que é selecionado após percorrer as 4 fases de pesquisa geológica deverá ser submetido ao que chamamos no fluxo da Figura 2.5 de “decisão final”. Para suportar esta “decisão” os estudos técnicos e econômicos terão que adquirir o nível de precisão e certeza mais elevado. Torries (1998) indica que os estudos de engenharia devem alcançar uma precisão igual ou maior que 90% para que sejam aceitos pelos investidores públicos.

Para a análise econômica são usadas comumente as técnicas do Fluxo de Caixa Descontado FDC e Valor Presente Líquido VPL, Torries (1998) que serão apresentados no Capítulo 4. Entretanto, cada vez mais a Análise das Opções Reais vem sendo aplicada nas empresas de mineração Minardi (2004). Realizamos breve pesquisa na busca de trabalhos publicados onde a Teoria de Opções Reais foi utilizada pelas empresas de mineração para decisão sobre investimentos:

- a) Análise de fechamento da Mina de Águas Claras em Belo Horizonte com reaproveitamento da área para um empreendimento imobiliário Vale(2006);
- b) Análise de investimentos em campos de petróleo pela Petrobrás (DIAS, 2005)

- c) Estudo para determinação do momento ótimo para expansão de uma mina de Cobre CODELCO. Chile. Cortazar e Casassus (1998)
- d) Estudo de viabilidade da mina polimetálica de Antamina no Peru (DIAS, 2006).

## 2.6 Métodos de Análise de Investimentos na Mineração

De acordo com a Canadian Securities Association – CSA (2001) para que um empreendimento mineral seja apresentado para o público através das bolsas de valores daquele país, é necessária a adoção de metodologias para a montagem destes estudos conhecidos por Bankable Feasibility Studies – BFS. Estes estudos são compostos de vários capítulos dos quais extraímos aqueles que se referem à pesquisa geológica e análise de investimentos:

- 1) Determinação da reserva de minério de acordo com a norma NI 43.101;
- 2) Definição das técnicas de lavra do minério para a fase de produção;
- 3) Definição do processo de beneficiamento do minério obtido através de testes em escala piloto.
- 4) Resultado dos estudos econômicos tendo como base o investimento total, custos operacionais e receitas com a venda dos produtos no mercado.

Com estas informações é possível montar o Fluxo de Caixa do projeto em que as principais variáveis são agrupadas e integradas permitindo a aplicação de técnicas de avaliação econômica usualmente baseada no Fluxo de Caixa Descontado FCD e Valor Presente Líquido VPL. A estrutura do modelo econômico<sup>10</sup> usada nestes estudos é a seguinte:

- 1) Investimentos de Capital: esta é uma das variáveis mais importantes por ser um valor muito maior que os valores normalmente investidos nas fases anteriores Maranhão (1985 p. 255). Nos estudos são considerados apenas os investimentos definidos na 4ª Fase. Os investimentos anteriores são considerados recursos afundados ou Sunk Cost já que são gastos com pesquisa e desenvolvimento que não devem interferir na decisão sobre o projeto.
- 2) Reserva de minério: é o volume de minério economicamente viável para a exploração, expresso em toneladas. Representa toda a vida útil daquela mina.
- 3) Teores dos minérios contidos na reserva: esta informação é definida pela geologia e representa a quantidade do metal contida em cada tonelada de minério da reserva. Este

---

<sup>10</sup> Foram avaliados 23 projetos de mineração apresentados para o público investidor da Bolsa de Toronto e Bolsa de Nova York entre 2003 e 2008. A lista dos projetos encontra-se no Apêndice I.

valor pode ser expresso em gramas por tonelada para metais preciosos ou em percentual para metais básicos e minerais ferrosos.

- 4) Taxa de Produção: em função da reserva mineral devem ser desenvolvidos estudos técnicos e econômicos para buscar a taxa ótima de produção que atenda requisitos econômicos e estratégicos da empresa. O valor é expresso em toneladas por unidade de tempo.
- 5) Volumes de produção do mineral: o produto final será obtido em função da taxa de produção de minério, dos teores do mineral contidos no minério e das taxas de recuperação deste mineral nas fases de lavra e beneficiamento. Esta é uma grande fonte de incertezas.
- 6) Taxas de recuperação na Lavra: é um fator definido pela geologia e pela engenharia de minas e expressa qual o volume de recuperação do minério da reserva será efetivamente extraído e levado até a planta de beneficiamento.
- 7) Taxas de diluição do minério: é um fator definido pela engenharia de minas através de estudos comparativos ou através de testes realizados na própria mina e expressam a quantidade de rocha indesejável chamada de rocha estéril que será lavrada juntamente com o minério resultando em diluição do minério.
- 8) Taxas de recuperação no beneficiamento: é o fator definido pela engenharia metalúrgica após testes metalúrgicos realizados em escala piloto utilizando amostras significativas do minério extraído na mina.
- 9) Custo Operacional na Mina: é o valor gasto com as operações da mina incluindo custo com pessoal, materiais, serviços, energia e insumos relativo a taxa de produção da mina. É normalmente expresso em US\$ / tonelada de minério em um período.
- 10) Custo Operacional do beneficiamento: é o valor gasto com as operações de beneficiamento com pessoal, materiais, serviços, energia e insumos relativo a taxa de produção da planta. É normalmente expresso em US\$ / tonelada de minério em um período.
- 11) Custo Fixo: é o custo que engloba todos os gastos que a empresa tem além da operação da Mina e da Planta e que não tem relação com a taxa de produção. Normalmente estes custos se referem ao contrato de demanda de energia, custos administrativos e custos corporativos sendo expressos em US\$ por período de tempo.
- 12) Preço do minério: é o valor de venda do produto. Esta é uma das fontes de incerteza já que os preços dos minerais são definidos pelo mercado de acordo com transações realizadas diariamente. A principal fonte de informações sobre os preços dos minérios é a Bolsa de

Metais de Londres, *London Metal Exchange* LME que registra a maior parte das transações de metais e minerais no mundo.

- 13) Taxa de Câmbio: este é um fator importante para operações em países com moedas consideradas fracas ou cuja relação com o dólar americano seja muito volátil. O Brasil, apesar da estabilidade econômica alcançada após 1994, ainda apresenta uma volatilidade de câmbio acentuada. Desta forma os custos operacionais, que são quase totalmente função da moeda local, podem oscilar fortemente afetando a lucratividade do negócio e conseqüentemente o retorno do projeto.
- 14) Impostos e taxas: cada país tem uma legislação para os impostos e taxas. Os impostos se aplicam em geral sobre a venda dos produtos e também sobre o lucro contábil. Na mineração em geral as taxas aplicadas sobre as vendas são:
- i) Royalties pagos aos donos do direito mineral quando a área for arrendada;
  - ii) CEFEM Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais. Impostos sobre mineração pagos aos governos estaduais (aqui no Brasil).
  - iii) Impostos de Renda: são alíquotas aplicadas sobre o lucro contábil que variam entre 30% e 40% do lucro líquido. O Brasil deverá adotar as normas internacionais de contabilidade conforme o padrão *International Accounting Standards Board* - IASB. CVM 457 (2007).
- 15) Investimentos operacionais: são investimentos necessários para manutenção das operações dentro da capacidade prevista e normalmente se referem a troca de equipamentos em fim de vida útil e desenvolvimento da mina.

O Quadro 2.4 mostra a estrutura básica do Modelo Econômico.

<b>Premissas</b>	<b>Unidades</b>
Reserva Mineral	Toneladas
Teor Médio contido no minério(In Situ)	Gramas por toneladas ou %
Diluição Média na Mina %	%
Recuperação Média na Planta %	%
Reserva Lavrável em ton	Toneladas
Teor Médio de alimentação na Planta	Gramas por toneladas ou %
Taxa de Produção	Toneladas por ano
Preço do minério ou metal	US\$/tonelada ou US\$/Onça
Taxa de Câmbio	No Brasil R\$ por US\$
<b>Produção</b>	
Taxa de Produção (toneladas por ano)	Toneladas por Ano
Teor do metal	Gramas por toneladas ou %
Recuperação Metalúrgica	%
Produção do minério	Toneladas por Ano ou Onças por ano
<b>Resultados</b>	
+ Faturamento	US\$ por ano
- Taxas (1,7% sobre faturamento)	US\$ por ano
= Receita Bruta US\$	US\$ por ano
- Custo Operacional da Mina	R\$/tonelada
- Custo Operacional da Planta R\$/ton	R\$/tonelada
- Custo Operacional Total US\$	US\$/tonelada
= Lucro Operacional	US\$ por ano
- Investimentos Pré Operacionais	US\$ por ano
- Investimentos Operacionais	US\$ por ano
- Amortização	US\$ por ano
<b>= Lucro Tributável</b>	<b>US\$ por ano</b>
- Imposto sobre Lucro Tributável 35%	US\$ por ano
<b>= Lucro Líquido</b>	<b>US\$ por ano</b>

Quadro 2.4 Parâmetros para Avaliação Econômica de um projeto de mineração  
Adaptado de CSA (2001) e Maranhão (1985)

Um modelo completo de Fluxo de Caixa Descontado é mostrado na tabela 2.1 onde foram usados valores de uma mina de ouro hipotética.



Tabela 2.1 – Modelo completo de um fluxo de caixa. Exemplo de uma Mina de Ouro.

Premissas	
Reserva Mineral (ton)	5.000.000
Teor Médio contido no minério (gpt)	5,50
Diluição Média na Mina %	15%
Recuperação Média na Planta %	92%
Reserva Lavrável (ton)	5.750.000
Teor Médio de alimentação na Planta (gpt)	4,78
Taxa de Produção ton/ano	575.000
Preço do minério ou metal (US\$/Oz)	750
Taxa de Câmbio	2

	Ano	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Produção</b>													
1	Taxa de Produção (ton/ano)			575.000	575.000	575.000	575.000	575.000	575.000	575.000	575.000	575.000	575.000
2	Teor Médio de alimentação na Planta (gpt)			4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78
3	Recuperação Metalúrgica			92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%
4	Produção de ouro (Oz/ano)			81.337	81.337	81.337	81.337	81.337	81.337	81.337	81.337	81.337	81.337
<b>Resultados</b>													
5	+ Faturamento (US\$/ano)			61.003.054	61.003.054	61.003.054	61.003.054	61.003.054	61.003.054	61.003.054	61.003.054	61.003.054	61.003.054
6	- Taxas 1,7% sobre faturamento (US\$/ano)			1.037.052	1.037.052	1.037.052	1.037.052	1.037.052	1.037.052	1.037.052	1.037.052	1.037.052	1.037.052
7	= Receita Bruta (US\$/ano)			59.966.002	59.966.002	59.966.002	59.966.002	59.966.002	59.966.002	59.966.002	59.966.002	59.966.002	59.966.002
8	- Custo Operacional da Mina (R\$/ton)			40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
9	- Custo Operacional da Planta (R\$/ton)			27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
10	- Custo Operacional Total US\$/ano			19.262.500	19.262.500	19.262.500	19.262.500	19.262.500	19.262.500	19.262.500	19.262.500	19.262.500	19.262.500
11	= Lucro Operacional (US\$/ano)			40.703.502	40.703.502	40.703.502	40.703.502	40.703.502	40.703.502	40.703.502	40.703.502	40.703.502	40.703.502
12	- Investimentos Pré Operacionais (US\$)	25.000.000	65.000.000	10.000.000									
13	- Investimentos Operacionais (US\$)				6.325.000	6.325.000	6.325.000	6.325.000	6.325.000	6.325.000	6.325.000	3.162.500	5.000.000
14	- Amortização (US\$)			10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
15	= Lucro Tributável (US\$)	0	0	20.703.502	30.703.502	30.703.502	30.703.502	30.703.502	30.703.502	30.703.502	30.703.502	30.703.502	30.703.502
16	- Imposto sobre Lucro Tributável 35% (US\$)	0	0	7.246.226	10.746.226	10.746.226	10.746.226	10.746.226	10.746.226	10.746.226	10.746.226	10.746.226	10.746.226
17	= Lucro Líquido (US\$)	-25.000.000	-65.000.000	23.457.276	23.632.276	23.632.276	23.632.276	23.632.276	23.632.276	23.632.276	23.632.276	26.794.776	24.957.276

Valor Presente Líquido dos Fluxos US\$ x 1.000	VPL(10%)	44.961
Taxa Interna de Retorno	TIR	21,3%

Adaptado de Maranhão (1985) p. 447 a 490.

A Tabela 2.1 apresenta dois resultados para a avaliação do projeto da referida mina de ouro. O primeiro é o VPL utilizando uma taxa de desconto de 10% ao ano. O valor encontrado foi de 44,9 Milhões de Dólares enquanto o segundo indicador foi a TIR (Taxa Interna de Retorno) que resultou em uma taxa de 21,3%.

O projeto mostra-se bastante atraente principalmente se considerarmos que o VPL é equivalente a metade de todo o valor investido e que a Taxa Interna de retorno - TIR é muito superior à taxa de desconto, usada para calcular o VPL.

Atualmente já existe um consenso sobre as limitações de se utilizar os métodos de FCD: Schwartz e Trigeorgis (2004); Copeland e Antikarov (2002); Brasil (2002); Kester (1993 e 2001); Dixit e Pindyck (2001) e Miller e Park (2002).

As razões para estas limitações podem ser resumidas na incapacidade de valorização de oportunidades embutidas que podem ser aproveitadas pelos gestores de acordo com as alterações de mercado Trigeorgis (1996). Estas oportunidades são “opções” que podem ser exercidas pelos gestores de acordo com sua habilidade gerencial e com o momento da empresa e do mercado. As principais opções aplicáveis a projetos de recursos naturais são segundo Trigeorgis (1996):

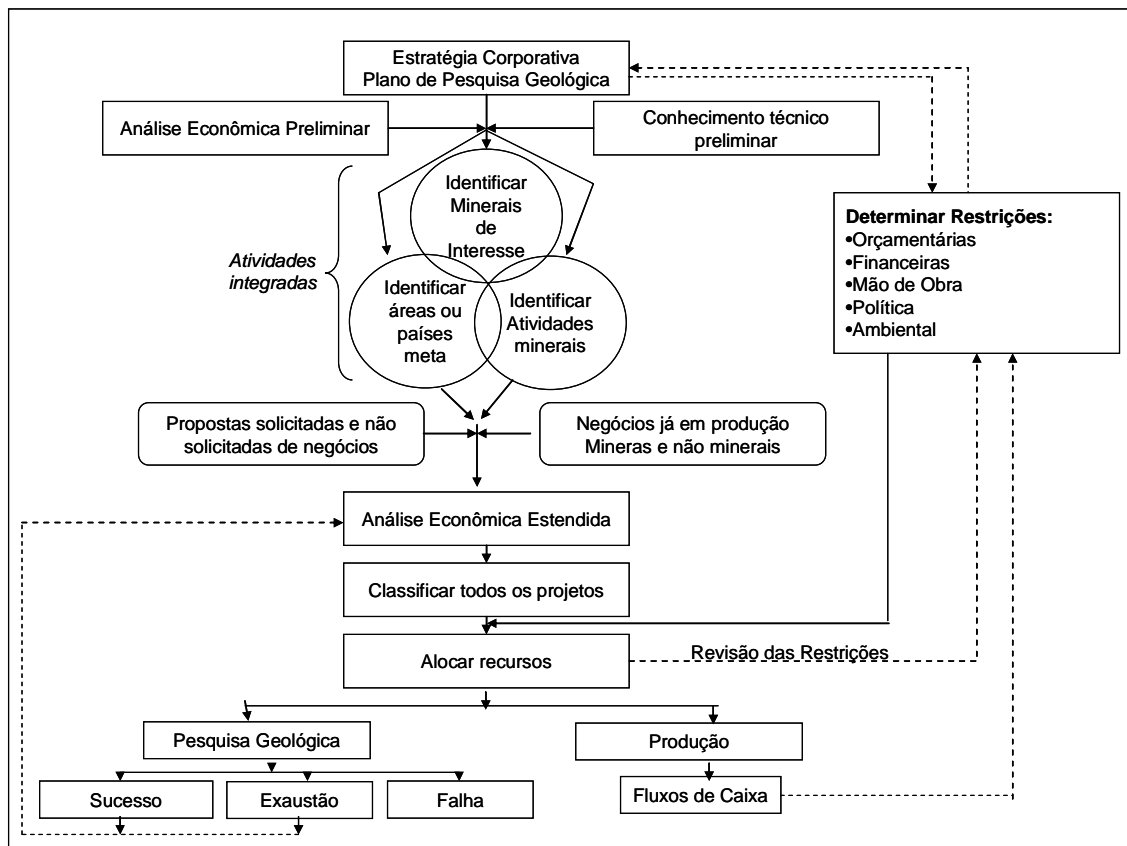
- ✓ Opção de expansão no caso de haver aumento dos recursos e preços;
- ✓ Opção de abandono quando ocorre redução drástica dos preços das commodities minerais ou aumento importante dos custos;
- ✓ Opção de investimento em estágios quando se inicia uma operação em sua menor escala permitindo assumir uma curva de aprendizado;
- ✓ Opção de Diferimento quando, diante de incertezas sobre preços, um projeto pode ser postergado até que os preços das commodities tornem o projeto atraente;
- ✓ Opção com interação entre projetos que permite a redução de custos pela sinergia entre operações.

De acordo com Brasil (2002) o uso do método FCD não deve ser excluído como método de avaliação e sim ser utilizado em conjunto com os métodos da Teoria de Opções Reais - TOR. Davis (2002, p.23-23) mostra que o valor das opções empresas mineradoras é percebido pelo mercado através do valor destas empresas quando tem suas ações negociadas em bolsas de valores. Davis enfatiza a capacidade da TOR de capturar as opções acima listadas como meio de avaliação mais adequado para empreendimentos minerais.

## 2.6.1 Estratégia de Investimentos na Mineração

De acordo com Torries (1998) a avaliação de investimentos em mineração tem dois objetivos: o primeiro estabelecer as bases para a definição do valor de mercado de um ativo mineral e o segundo suportar a decisão sobre investimento para um dado projeto mineral.

Em ambos os casos a dificuldade se apresenta pela necessidade de lidar com eventos futuros influenciados por questões técnicas e por questões econômicas. Torries propõe um fluxo dinâmico para avaliação de projetos minerais conforme mostrado na Figura 2.6.



**Fig. 2.6 Fluxo do processo da estratégia de investimentos em mineração**

Baseado em Torries (1998)

No processo proposto por Torries, fica clara a importância da definição estratégica da empresa quanto aos seus interesses de curto, médio e longo prazo que subsidiarão as decisões sobre quais minerais são interessantes, que áreas ou regiões geográficas serão priorizadas e quais atividades serão desenvolvidas (ver item 2.7). Análises econômicas preliminares devem ser realizadas para identificar a atratividade econômica de cada atividade estudada assim como uma avaliação do nível de conhecimento dos investidores sobre cada atividade a ser desenvolvida.

Os investidores podem então escolher entre as oportunidades propostas ou desenvolvidas e realizar estudos econômicos mais detalhados que sustentarão a decisão de investimento de

acordo com a classificação dos projetos por atratividade. A classificação segue através da alocação dos recursos para desenvolvimento dos projetos, seja para pesquisa mineral seja para produção.

Os trabalhos de pesquisa mineral poderão ser direcionados para abertura de novos projetos ou aumento das reservas existentes e os recursos gerados com os negócios existentes vão abastecer o plano de investimento que deve ser revisto periodicamente tanto na questão das estratégias quanto na revisão das restrições.

As análises e avaliações econômicas acontecem no fluxo apresentado por Torries em dois momentos. Análises preliminares que selecionam áreas de atuação e análises estendidas que determinam com maior precisão o valor dos projetos.

## **2.7 Definição da Estratégia Corporativa**

O estudo de caso apresentado no Capítulo 6 vai tratar de uma empresa de mineração que tem como meta atingir um nível de produção de ouro dentro de um determinado período atuando numa região do Brasil através da exploração de depósitos minerais conhecidos e de operações de baixo custo operacional. Esta descrição identifica parte da estratégia corporativa da empresa.

Hax e Majluf (1994) sugerem separar o conceito de estratégia do processo de formação da estratégia por considerarem que a estratégia nas organizações pode conter elementos universais com aplicação em qualquer tipo de organização enquanto outros elementos tem forte dependência não apenas da natureza da organização mas também de seus componentes, estrutura e sua cultura e são usados durante o processo de formação da estratégia.

Mintzberg *et all* (1998) afirmam ter revisto cerca de 2.000 textos acadêmicos que tratam apenas da definição de estratégia. Segundo Mintzberg

“... conceitos de estratégia vão sendo amadurecidos, como um vinho que revela o que tem de bom ou de ruim enquanto está sendo envelhecidos, os conceitos de estratégia vão sendo confirmados à medida que vão sendo utilizados pelas empresas. Alguns conceitos escritos há décadas ainda sobrevivem sendo praticados por organizações eficazes...”

Mintzberg *et all* (1998 p.16)

Os modismos passam, conforme insiste Mintzberg.

Para Eisenhardt (1999, p.66). “..estratégia é a resposta a duas perguntas: para onde você quer ir? e Como você quer chegar lá?...”. Porter (2000, p.1). “...Estratégia é a criação de uma posição valiosa e diferenciada envolvendo um conjunto de atividades...”. Wright *et all* (1992

p.134) colocaram que estratégia poderia ser apenas “...planos da alta administração para atingir resultados consistentes com as missões e objetivos da organização...”

Chaffee (1985, p.89) dá um roteiro para definição da estratégia:

A Estratégia diz respeito tanto à organização como ao ambiente. Sua essência é complexa e busca o bem-estar geral da organização. A estratégia envolve questões tanto de conteúdo como de processo. Havendo estratégias pretendidas, emergentes e realizadas que podem diferir entre si. ”<sup>11</sup> Assim as empresas têm estratégia corporativa (em que negócio devem estar?) e a estratégia de negócios (como iremos competir em cada negócio?). A construção da estratégia envolve tanto exercícios conceituais assim como analíticos. A maioria dos autores afirma que o coração da formulação de estratégias é o trabalho conceitual feito pelos líderes da organização.

Mintzber *et all* (1998) e Anthony e Govindarajan (2006) convergem em que a estratégia existe em dois níveis das empresas: Estratégia Corporativa onde se define os negócios em que a empresa deve estar e a Estratégia de Negócios que define como cada negócio deve funcionar conforme o Quadro 2.5 abaixo:

Nível da Estratégia	Questões Estratégicas Críticas	Principais níveis organizacionais envolvidos
Nível corporativo	Nosso portfólio de mercados é adequado? Em quais setores destes mercados nós deveríamos participar?	Conselho de Administração e Diretoria
Nível da Unidade de Negócio	Qual deveria ser a missão da Unidade de Negócio?	Diretoria e Gerência Geral da Unidade de Negócio
	Como as Unidades de Negócio deveriam operar para realizar sua missão?	Gerência Geral da Unidade de Negócios e Gerentes de Área

**Quadro 2.5 Níveis da Estratégia na Organização**

Adaptado de Anthony e Govindarajan (2006)

Todos os autores citados neste até este ponto do capítulo 2 parecem convergir ao recomendar que a empresa precisa definir sua estratégia e montar planos estratégicos. Hax e Majluf (1992) alertam para a necessidade de que estes dois processos sejam integrados, pelas mesmas razões levantadas por Eisenhardt (1999, p.67): “o ambiente é de mudanças permanentes o que demanda decisões constantes por parte de toda a equipe gerencial, corporativa e de negócios.” Para construir uma estratégia e implementá-la, Hax e Majluf (1992 p.6) propõem que a formação da estratégia seja realizada através da interação de três processos simultâneos:

<sup>11</sup> Mintzberg mostra que existem três estratégias reconhecidas: aquela pretendida que foi formada através do planejamento, discussão e análise de grupos da alta gerência, aquela efetivamente realizada, normalmente diferente da planejada e as estratégias emergentes, resultantes de efeitos exógenos à organização. (MINTZBERG, 1998 16:19)

- a) O processo cognitivo dos indivíduos na empresa onde reside o entendimento racional do ambiente externo e da capacidade interna;
- b) O processo social e organizacional que contribui para a comunicação interna e para o desenvolvimento de uma opinião de consenso;
- c) O processo político que garante a criação, retenção e transferência de poder dentro da empresa.

A liderança da empresa terá a tarefa de gerenciar esta rede de forças organizadas direcionando-as para o descobrimento, evolução e enriquecimento de uma visão para a empresa. Para isso os líderes devem envolver três níveis diferentes dentro da sua hierarquia: corporativo, negócios e funcional. A participação destes três níveis da empresa na formação da estratégia é considerada fundamental por Hax e Majluf para que a empresa seja capaz de lidar com as metas de curto prazo e sua sobrevivência no longo prazo.

Cada um dos níveis hierárquicos deverá atender algumas tarefas no processo de formação da estratégia:

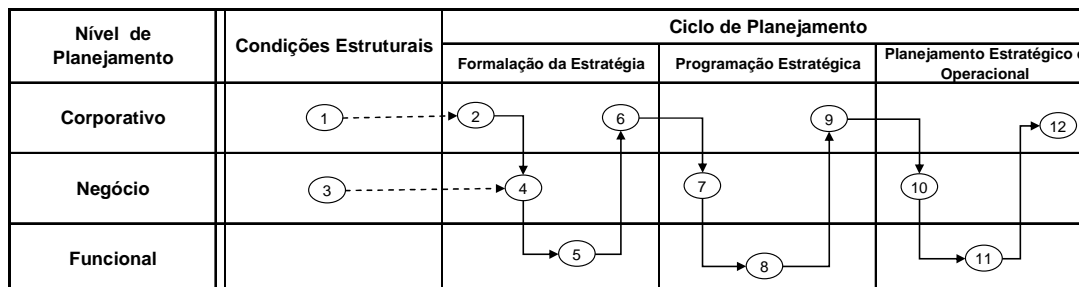
- a) Corporativo: definições que afetam o longo prazo da empresa e que se tomadas de forma descentralizadas, poderiam levar à resultados não otimizados;
- b) Negócios: definir ações que mantenham o nível de competitividade de cada negócio da empresa;
- c) Funcional: definir quais habilidades e capacidades cada negócio da empresa deve ter para que seja capaz de atender as definições em nível corporativo e de negócios.

O modelo sugerido para a construção da estratégia envolve os três níveis da empresa e demanda a execução de doze passos seqüenciais Hax e Majluf (1992, p18):

1. Definição da Visão da Empresa;
2. Postura estratégica e diretrizes para o planejamento;
3. A missão do negócio;
4. Formulação da estratégia do negócio e dos programas de ação amplos;
5. Formulação da estratégia funcional;
6. Consolidação das estratégias de negócio e estratégias funcionais, gestão de portfólio de investimentos e definição das prioridades para alocação de recursos;
7. Definição e acompanhamento de programas de ação específicos no nível do negócio;
8. Definição e acompanhamento de programas de ação específicos no nível funcional;
9. Alocação de recursos e definição de indicadores para controle gerencial;
10. Orçamentação no nível do negócio;
11. Orçamentação no nível funcional;

## 12. Consolidação e aprovação dos orçamentos.

Estes passos são coordenados na forma de um fluxo em 4 fases que percorre os três níveis hierárquicos da empresa. O fluxo é mostrado na figura 2.6 :



**Fig. 2.7 Processo formal de Planejamento estratégico.**

Adaptado de Hax e Majluf, 1992

Deve ser observado que o processo de planejamento e programação é um ciclo que se renova periodicamente, conforme cada empresa e seu ambiente interno e externo. Mas algumas condicionantes, descritas pelos passos 1 e 3 são menos flexíveis e perduram por muito mais tempo ou definem a vida da empresa por permanecerem constantes enquanto a empresa estiver em operação. Estes condicionadores são descritos como a sua visão e missão, sua filosofia e cultura corporativa, sua estrutura gerencial, seu escopo do negócio e a identificação dos segmentos de produtos/mercados. Em uma empresa de mineração, a definição da estratégia para pesquisa geológica está inserida na sua estratégia corporativa conforme propõe Torries no Fluxo do Processo da Estratégia de Investimentos na Mineração da Figura 2.5. A associação dos conceitos da construção da estratégia corporativa para a construção da estratégia para pesquisa geológica é resumida no Quadro 2.6.

Conceito sobre Estratégia	Aplicação na Mineradora	Autores
A Estratégia diz respeito tanto à organização quanto ao ambiente	A organização de considera habilitada tecnicamente e se propõe a operar com baixos custos operacionais. Por operar em áreas próximas à áreas densamente habitadas, mantém contato permanente com estas comunidades	Chafee
As estratégias existem em vários níveis: corporativa e de negócio	Estratégia de investimentos em pesquisa geológica é proposta pelo nível mais alto da empresa e aprovada pelo Conselho de Administração	Hax, Majluf e Chafee
Seleção de Portfólio de Projetos e/ou mercados atendem nossos planos?	Definição de atuar na pesquisa geológica inicialmente e com prioridade no quadrilátero ferrífero	Hax e Majluf
Definições que afetam o longo prazo da empresa devem ser tomadas no Nível Corporativo para que sejam otimizadas	Os Planos de Pesquisa Geológica, de Produção de 5 e 10 anos e de investimentos em novas unidades são realizados por diversas áreas e integrados e aprovados pela alta direção no Nível Corporativo	Anthony, Govindarajan, Hax e Majluf
O planejamento estratégico deve seguir um processo cíclico de revisões permanentes	Os resultados dos Projetos de Pesquisa geológica são avaliados periodicamente e podem gerar revisões estratégicas	Hax e Majluf

**Quadro 2.6 Aplicação dos conceitos de estratégia em Pesquisa Geológica**

### 3 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

As empresas e organizações são constantemente expostas à competição e restrições que levam, em última instância, a uma redução de suas margens operacionais tendendo a torná-las inviáveis economicamente. Como num ciclo evolutivo, elas precisam constantemente rever suas estratégias de forma a renovar opções de negócios. Estas opções podem se encontradas dentro do próprio negócio através do aumento da eficiência operacional melhorando processos ou aumentando a escala de produção através do atendimento de novos clientes. Mas as novas opções ou oportunidades de renovação dos negócios também podem ser encontradas através do desenvolvimento de novos produtos tendo como base tecnologias existentes ou ainda novas tecnologias que permitirão o desenvolvimento de uma gama de novos produtos. Neste capítulo vamos estudar os métodos de gestão de desenvolvimento de novos produtos com o objetivo de identificar as práticas consagradas na área de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico – P&D – que possam também ser aplicadas em áreas de pesquisa ligadas a recursos naturais.

#### 3.1 Gestão de P&D

De acordo com Clark e Wheelwright (1993) o ambiente competitivo, onde a maioria das empresas está inserida, justifica a adoção de programas de P&D como forma de lidar com as ameaças e oportunidades. Não apenas empresas cujos negócios dependem de P&D chamadas de Empresas de Base Tecnológica EBT, mas também as empresas que operam em mercados considerados estáveis devem priorizar investimentos em P&D.

Segundo Clark e Wheelwright (1993, p.4), os principais fatores que levam as empresas a priorizar seus investimentos em P&D são:

- a) Competição internacional intensa: com a globalização, o número de empresas capazes de competir fora de seus países de origem é cada vez maior. Apesar de ser uma ameaça existe também uma oportunidade já que os mesmos mercados globalizados são mais abertos à novos produtos e serviços e assim, tendem a receber bem os produtos de todas as empresas tornando-se oportunidades para as empresas, em particular aquelas mais capacitadas a entender os interesses de cada mercado.
- b) Mercados fragmentados: a globalização e a competição tornam os consumidores mais exigentes e os mercados mais fragmentados demandando produtos com maior nível de diferenciação.
- c) Mudanças tecnológicas rápidas: o aprofundamento e o alcance do conhecimento tecnológico e científico tornam mais provável a ocorrência de tecnologias inovadoras que



podem mudar completa e rapidamente o cenário de um setor de mercado. Em especial para mercados como bio- tecnologia, eletrônica e materiais.

Para lidar com estas ameaças a empresa Clark e Wheelwright (1993, p.7) recomendam:

Em primeiro lugar a organização deve ser rápida dando respostas imediatas – se possível antecipadas – às mudanças impostas pela competição e pela fragmentação dos mercados. Este comportamento, quanto a P&D, vai implicar em encurtar os ciclos de desenvolvimento e melhorar o foco e as metas que estas ações de P&D devem ter;

A organização deve manter um elevado índice de produtividade e eficiência na área de P&D de forma a atuar em mais de uma frente de pesquisa, com mais produtos e serviços diferenciados e ainda buscando discernir as diferenças entre os desejos dos clientes e as diversidades tecnológicas. Desta forma haverá implicações na gestão de recursos, normalmente limitados, para P&D além de ter claros indicadores de sucesso.

Finalmente empresa deve buscar qualidade nos resultados práticos de seus esforços em P&D. Produtos devem ser identificados pelos clientes com distinção, de forma que estes clientes se sintam seguros em pagar o valor que remunere os investimentos de acordo com as expectativas dos investidores.

Esta abordagem demandará da empresa um esforço de integração inter-funcional das áreas da empresa de forma que, desde a “voz do cliente” até o suprimento de materiais e serviços estejam alinhados para o atendimento dos requisitos exigidos.

O que pesquisadores sobre o tema percebem é que a gestão de P&D não é uma tarefa simples. Sua priorização demanda das empresas um esforço significativo, tanto pelos recursos envolvidos quanto pelo impacto que os resultados destes esforços podem trazer para empresas. Clark e Wheelwright mostram que este esforço envolve várias disciplinas de conhecimento: ciência básica, engenharia, marketing e finanças até que o resultado seja visto na forma de produtos e serviços que adicionam valor para a empresa Clark e Wheelwright (1993, p. 8,11).

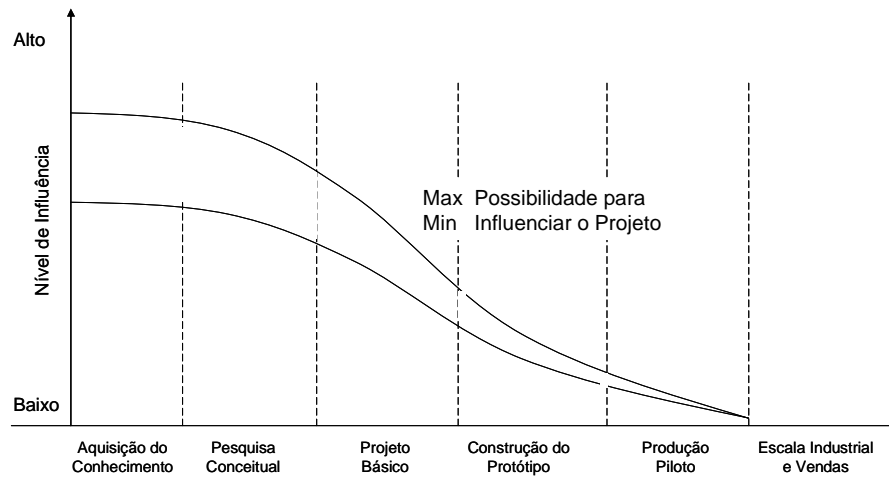
### **3.2 As fases do Processo de P&D**

Os textos selecionados para descrever o que poderia ser classificado como “as fases do processo de pesquisa e desenvolvimento” foram extraídos dos trabalhos de Clark e Wheelwright (1993), Griffin (1997, 2003 e 2007) e Blau (2004). O que os autores buscam ao classificarem as fases de um processo de P&D é o ordenamento dos critérios para gerenciar o trabalho de pessoas de diversos campos de conhecimento e maximizar os seus resultados.

A descrição das fases que julgamos ser a mais adequada aos propósitos deste estudo foi proposta por Clark e Wheelwright (1993, p.88). Esta descrição de fases é genérica e pode ser aplicada em negócios diferenciados desde as EBTs até os negócios em mercados estáveis como exploração de recursos naturais. As fases são as seguintes:

- a) Aquisição do conhecimento: ocorre de diversas formas podendo variar de resultados de pesquisas puras tais como física do estado sólido ou pesquisa com bactérias até a compra de uma licença ou patente. Os autores entendem que, desde que este conhecimento permita a organização de um processo de desenvolvimento de novos produtos ou processos, a fase pode ser assim reconhecida.
- b) Pesquisa conceitual: busca trazer o conhecimento adquirido para o formato da empresa tornando-o aderente aos objetivos e ao formato de trabalho da empresa.
- c) Projeto básico: são os primeiros esforços técnicos para a transformação de tecnologia e conhecimento em produtos ou serviços.
- d) Construção do protótipo: é a primeira fase de experimentação. Pode ocorrer em sub fases realimentado a fase anterior de projeto buscando melhorias no produto.
- e) Produção piloto: é a fase em que são montadas e testadas em conjunto o produto, a engenharia e a produção. Mais uma vez esta fase gera processos de realimentação.
- f) Escala Industrial e vendas: esta é a fase em que o produto passa a ser produzido em escala industrial e entregue ao público. É a fase final mas pode realimentar as fases anteriores do processo através de revisões e novas versões do produto a partir da observação do cliente, dos concorrentes e da revisão dos processos internos de produção.

Clark e Wheelwright (1993), através da observação de várias empresas nos Estados Unidos e Canadá, mostram que o nível de envolvimento dos gestores com o processo de P&D varia em duas dimensões: na capacidade e habilidade de influenciar o destino de um projeto e no envolvimento dos gestores com cada projeto de desenvolvimento.



**Fig. 3.1 Observação sobre a nível de influência dos gestores nos projetos de P&D**

Adaptado de Clark e Wheelright (1993, p.88)

Conforme a figura 3.1 mostra, os autores alertam que o envolvimento dos gestores com o projeto deve ser mais intenso nas primeiras fases quando é possível, através de decisões estratégicas, alterar o destino um projeto de P&D.

Gary *et al* (2004) também observou não só fases semelhantes de um projeto de P&D na indústria farmacêutica – descobrimento, desenvolvimento e lançamento comercial. Ele também ressalta a grande quantidade de projetos de P&D que falham ao não atingirem seus objetivos econômicos iniciais, apresentando menor retorno sobre o capital investido do que aquele originalmente planejado. Ele sugere que “a falha pode estar na gestão dos projetos.”

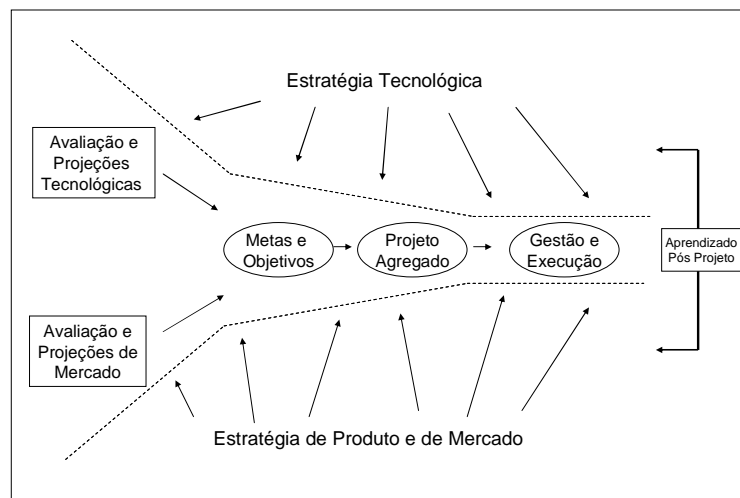
A PDMA – *Product Development Management Association* – realizou uma seqüência de três pesquisas com empresas nos Estados Unidos nos anos de 1990, 1995 e 2003 com o objetivo de encontrar tendências em relação às melhores práticas na gestão do processo de Desenvolvimento de Novos Produtos.

Os resultados foram compilados por Page (1993), Griffin (1997, 2003). No seu artigo de 2003, Griffin fez uma comparação entre os resultados observados nas três pesquisas formando assim uma linha evolutiva num período de 13 anos entre a primeira e a última pesquisa. Nesta análise histórica, foi possível identificar práticas que diferenciam as melhores empresas, assim classificadas pelos seus resultados econômicos, das empresas com resultados inferiores. Estas diferenças segundo Griffin são:

- a) Ter uma estratégia de negócios diferenciada e que está efetivamente ligada ao seu sucesso sendo destacadas como as primeiras em sua área de atuação e as primeiras na apresentação de produtos inovadores;
- b) Estas empresas sempre têm processos formais para geração de idéias;

- c) Garantem o funcionamento de todas as funções internas que suportam as atividades de P&D através da colaboração com outras empresas, trabalho em equipe, suporte aos líderes das equipes de P&D e suporte aos projetos de P&D de todos os gestores internos da empresa;
- d) São pioneiras no teste e implementação de ferramentas para as áreas de pesquisa de mercado, projetos de engenharia, tecnologia e suporte a equipes.

Clark e Wheelwright propõem uma estrutura que procura atender a todos os critérios necessários para a gestão de projetos de P&D. Esta estrutura é mostrada na figura 3.2 a seguir.



**Fig. 3.2 – Estrutura de Gestão de Projetos de P&D**

Baseado em Clark e Wheelwright (1993, p.90)

Esta estrutura estabelece a influência das forças do mercado e da tecnologia em todas as fases do desenvolvimento. Além disso, mantém alinhadas as metas da empresa e a gestão dos projetos de P&D.

Os componentes desta estrutura são descritos por Clark e Wheelwright e outros autores:

Estratégia tecnológica: seu objetivo é guiar a empresa através da aquisição, desenvolvimento e aplicação de tecnologia para obter vantagem competitiva além de estabelecer foco e alinhamento, Burgelman e Maidique (1988),

Estratégica de mercado e produto: que deverá responder as questões sobre quais produtos serão oferecidos a quais clientes, como estes produtos chegarão a estes clientes e porque os clientes escolherão este produto e não o de nossos concorrentes, Urban e Hauser (1980).

Desenvolvimento de metas e objetivos: a definição clara de metas e objetivos para P&D é um requisito básico para garantir a consistência e coerência entre as estratégias de mercado, produto e tecnológicas sendo ainda uma ligação com os objetivos do negócio, Clark e Wheelwright (1993, p.91).

Planejamento agregado: é a integração dos projetos de P&D em uma única visão e os classifica de acordo com seu impacto na estratégia da empresa

Gerenciamento de Projetos de P&D: cada projeto deve ter suas próprias definições estratégicas assim como suas metas, objetivo planejamento.

Aprendizado pós-projeto: as empresas devem estabelecer processos que realimentem suas etapas anteriores de desenvolvimento de forma a introduzir melhorias nos produtos e evitar a repetição de erros.

Para os objetivos deste estudo, vamos limitar ao aprofundamento do planejamento agregado e o processo de monitoramento e seleção de projetos ao longo das fases de desenvolvimento também chamados de gerenciamento de portfólio de projetos.

### **3.3 Planejamento agregado e a Gestão de Portfólio de Projetos**

O planejamento agregado tem o papel de garantir que todos os projetos de P&D de uma empresa atendam às suas metas e objetivos estratégicos de acordo com os recursos disponíveis. Em resumo, trata-se do balanceamento entre os recursos da empresa e os objetivos estratégicos, Clark e Wheelwright (1993, p. 237-243).

Quando se introduz a idéia de gerenciar de forma integrada vários projetos de P&D, passamos ao conceito de gestão de portfólio de projetos.

O conceito de gestão de portfólio foi tratado inicialmente por Harry Markowitz (1952) que buscava dar um tratamento sistemático ao processo de seleção de ativos financeiros – ações, bônus, opções – de forma a ter o maior retorno financeiro para uma determinada taxa de risco ou o menor risco possível para um retorno financeiro esperado. Markowitz e sua teoria assumiam que um investidor busca o máximo de retorno para um risco mínimo Better e Glover (2006)

Robert Cooper, Scott Edget e Elko Kleinschmidt (1997<sup>a</sup>, 1997b, 1999 e 2001), através de estudos sobre os métodos de gestão de portfólio de projetos de P&D usados por diversas empresas nos Estados Unidos, mostram que as melhores práticas envolvem a combinação de mais de uma técnica simultaneamente.

Eles definem Gestão de Portfólio em P&D como Copper et al (1997a):

- a) Um processo dinâmico de decisão;
- b) Onde vários projetos são constantemente revisados e analisados;
- c) Novos projetos são avaliados, selecionados e priorizados
- d) Projetos existentes podem ser acelerados, excluídos e ter sua velocidade reduzida;
- e) Recursos são alocados e realocados para projetos ativos.

O que caracteriza um portfólio de projetos de P&D, segundo Cooper et al:

- f) Deve lidar com eventos e oportunidades futuras o que implica em ter que tomar decisões sob forte incerteza ou até com informações incorretas;
- g) O ambiente de decisão é constantemente alterado gerando novas informações que podem alterar todo processo em andamento;
- h) Os projetos dentro de um portfólio estão em diferentes fases, competindo por recursos. Por isso os projetos são comparados uns com os outros mesmo que possuam diferentes graus de certeza sobre suas informações;
- i) Os recursos para P&D são limitados e por isso devem ser alocados entre os projetos o que significa que um projeto pode perder recursos para outro projeto competidor.

Tanto Griffin quanto Cooper apontam para a direção de que as empresas consideram a gestão de portfólio fundamental para o sucesso de suas estratégias de P&D. Entretanto, estas mesmas pesquisas apontam para as dificuldades que enfrentam. Cooper selecionou as principais:

- j) Alocação de recursos entre os projetos: esta é a decisão mais comum na gestão de portfólio;
- k) Alinhamento dos projetos no portfólio com a estratégia geral da empresa. Empresas que declaram ter projetos alinhados estrategicamente revelam um forte desvio entre objetivos reais dos projetos em relação a estratégia definida;
- l) Má qualidade dos projetos no portfólio: ao analisarem os portfólios através de ferramentas consagradas, algumas empresas cortaram 50% de seus projetos.
- m) Fraca atuação no processo de seleção dos projetos que devem ser mantidos no Portfólio. O processo de seleção será tratado a seguir com o método *Stage Gate*<sup>®</sup>.
- n) A falha no processo de seleção resulta em má alocação de recursos resultando em ciclos de desenvolvimento inadequados e até no lançamento de projetos para escala industrial com retornos econômicos muito baixos;
- o) Na busca por acelerar o ciclo de desenvolvimento, algumas empresas optam por projetos cujo retorno se dá em curto prazo, mas que resultam em um fraco mix de mercado.

Assim como Markowitz propôs que deve haver uma meta de máximo retorno para uma dada taxa de risco, a gestão de um portfólio de projetos de P&D deve atender a algumas metas.

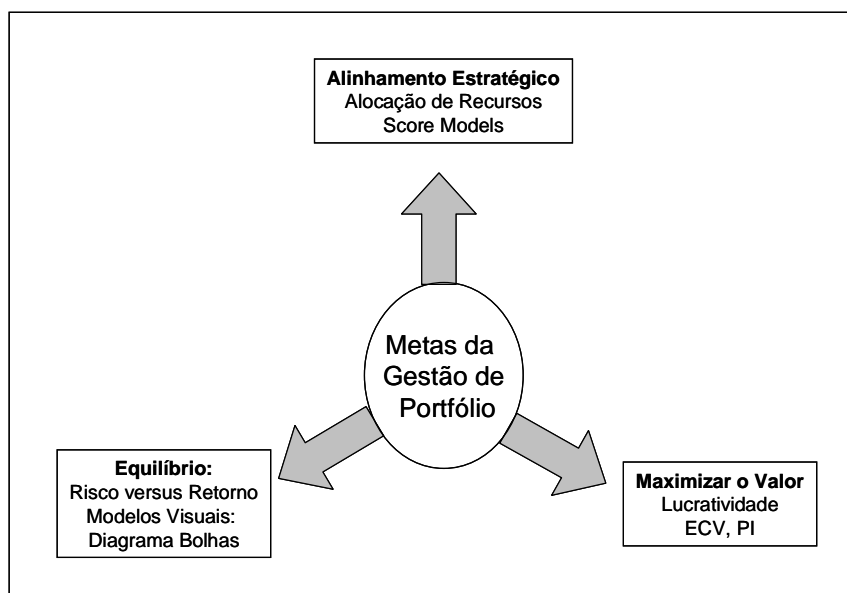
Cooper (1997a; 2001) destaca as seguintes metas no gerenciamento de projetos de portfólio:

- a) Maximizar o valor do portfólio de acordo com os objetivos da empresa, por exemplo, retorno sobre investimento ou lucratividade no longo prazo;

- b) Equilíbrio do Portfólio, por exemplo, buscando a sustentação dos resultados da empresa no curto, médio e longo prazo, redução do risco e manutenção da receita da empresa através de novos produtos;
- c) Alinhamento dos projetos com a estratégia da empresa e da unidade de negócio.

Para lidar com estas questões as empresas devem selecionar ferramentas para gestão de seus portfólios. Cooper (1997b, 1999 e 2001) e Griffin (2003) mostram que as empresas com os melhores resultados econômicas são aquelas que combinam mais de uma ferramenta de gestão, de acordo com a complexidade de seus negócios.

Cooper (1997a) analisou as várias ferramentas encontradas na prática das empresas e as classificou de acordo com as 3 principais metas da Gestão de Portfólio Cooper (1997a) conforme sintetizado na figura 3.3.



**Fig. 3.3 Meta da Gestão de Portfólio**

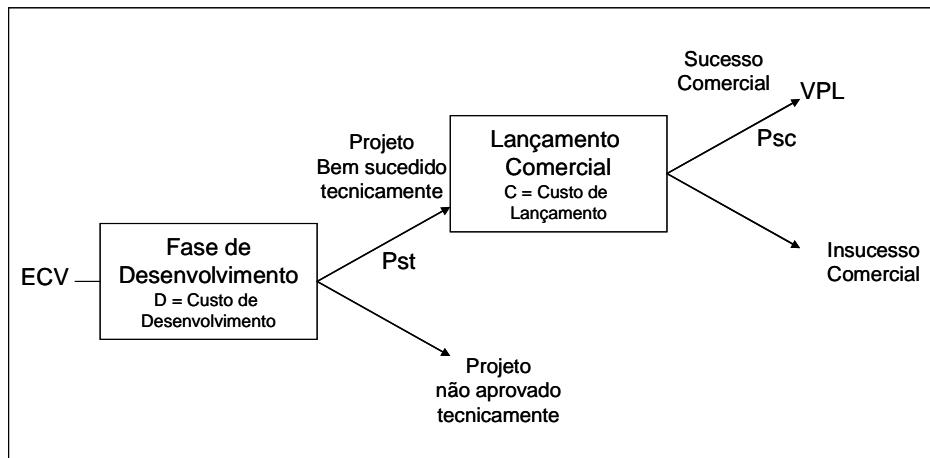
Estas ferramentas serão discutidas no item 3.4 a seguir.

### 3.4 Avaliação do Portfólio de Projetos de P&D

Estes métodos foram descritos por Cooper et al (1997a, 1997b)

#### 3.4.1 Valor Comercial Esperado (*Expected Commercial Value*) ECV.

Este método determina o valor do projeto através da análise das probabilidades de sucesso técnico e comercial valorizando cada etapa através do seu custo considerando ainda o valor esperado das receitas geradas pelo produto quando na sua fase comercial. O método ainda inclui um fator de ponderação da importância estratégica do projeto em relação aos demais projetos do portfólio.



**Figura 3.4 Fluxo do Método ECV**

Cooper (1997a; 2001)

Para o cálculo do ECV de cada projeto a maior parte das empresas utiliza a seguinte fórmula:

$$ECV = [(VPL * Psc * IE - C) * Pst - D]$$

Onde:

ECV = Valor Comercial Esperado

VPL = Valor Presente Líquido dos fluxos de caixa gerados pelo produto

IE = Fator de Importância Estratégica (definido como nota pelos avaliadores)

Psc = Probabilidade de Sucesso Comercial

Pst = Probabilidade de Sucesso Técnico

D = Custo total de Desenvolvimento

C = Custo do lançamento comercial.

### 3.4.2 Índice de Lucratividade (*Productivity Index*) PI .

Este método tem como base o ECV. Sua fórmula é assim definida:

$$PI = [ECV * Pst - P\&D] / P\&D$$

Onde:

PI = Índice de Lucratividade

ECV = Valor Comercial Esperado, calculado a partir do fluxo de caixa do produto descontado à data presente (diferente do ECV definido anteriormente)

Pst = Probabilidade de Sucesso Técnico

P&D = Custos remanescentes da fase de P&D



### 3.4.3 Lista Dinâmica de Classificação.

Neste método são escolhidos critérios de avaliação e cada um dos projetos é classificado de acordo com a média da classificação em cada quesito.

Exemplo: uma empresa com 6 projetos em seu portfólio define que seus critérios de ordenamento são:

TIR - Taxa Interna de Retorno do projeto

VPL - Valor Presente Líquido do projeto

IE - Fator de Importância Estratégica do projeto

P<sub>st</sub> - Probabilidade de Sucesso Técnico

Os projetos são ordenados de acordo com sua classificação para os três critérios TIR, VPL e IE sendo que os critérios financeiros são ponderados pela probabilidade de sucesso técnico P<sub>st</sub>. A tabela 3.1 apresenta a aplicação nos 6 projetos.

Tabela 3.1 Lista Dinâmica de Classificação

Projeto	TIR * P <sub>st</sub>	VPL * P <sub>st</sub>	IE	Classificação
Alfa	16 (2)	8 (2)	5 (1)	1,67 (1)
Gama	10,8 (4)	18 (1)	4 (2)	2,33 (2)
Teta	11,1 (3)	7,8 (3)	2 (4)	3,33 (3)
Omega	18,7 (1)	5,1 (4)	1 (6)	3,67 (4)
Delta	9 (6)	4,5 (5)	3 (3)	4,67 (5)
Beta	10,5 (5)	1,4 (6)	2 (4)	5 (6)

Baseado em Cooper (1997a)

O método funciona da seguinte maneira: na coluna TIR \* P<sub>st</sub> são classificados os projetos em função do produto do TIR (Taxa Interna de Retorno) do projeto pela probabilidade de sucesso daquele projeto. O número entre parênteses mostra qual foi a classificação daquele projeto em relação aos demais dentro daquele critério.

O mesmo é feito na coluna VPL \* P<sub>st</sub> e na coluna IE. Na última coluna os projetos são classificados em função da média de suas classificações nos três critérios selecionados. Assim o projeto Alfa teve classificações 2 para TIR \* P<sub>st</sub>, 2 para VPL \* P<sub>st</sub> e 1 para IE. A média aritmética das três classificações é  $(2+2+1)/3 = 1,67$ . O projeto Alfa recebeu a melhor classificação entre todos os projetos do portfólio.

#### **3.4.4 Modelos de Pontuação (*Scoring Models*).**

Este método é usado tanto na gestão de portfólio quanto nos momentos de revisão de todos os projetos durante o que chamamos de Gates. Para sua utilização são definidos critérios de pontuação em que os avaliadores atribuem pontos para cada projeto numa mesma escala, por exemplo, 1 a 5. Estes pontos são em seguida balanceados através da multiplicação de fatores de ponderação que indicam a importância relativa de cada critério. Critérios tidos como de maior importância tem maior peso. Cada projeto tem então seus pontos somados e em seguida classificados sendo o de maior pontuação aquele com maior prioridade.

Cooper (1997a) indicou o trabalho da empresa farmacêutica *Hoescht* para aplicação do método dos Modelos de Pontuação. A *Hoescht* utiliza cinco critérios de avaliação, numa escala de 1 a 10. Os critérios são ponderados e cada projeto recebe sua pontuação final através da soma de todos os resultados. Este resultado final é usado com dois objetivos:

- a) Nas revisões dos projetos ou Gates, os projetos com 50% ou menos dos pontos possíveis são excluídos.
- b) Na priorização. Logo após as revisões ou *Gates*, os projetos que seguiram recebem recursos de acordo com sua pontuação.

No exemplo da Hoescht são apontados 19 critérios agrupados em 5 fatores de pontuação:

<p><b>Retorno econômico</b>                  Contribuição para lucratividade: fluxo de caixa líquido (receitas líquidas menos custos operacionais) antes de juros e impostos.                  Retorno Tecnológico: número de anos gastos para que o fluxo de caixa líquido acumulado se equipare ao total investido no projeto antes o seu lançamento                  Prazo para lançamento do produto no mercado.</p>
<p><b>Adequação a estratégia de negócios</b>                  Congruência: como o projeto se adequa a estratégia (implícita ou explícita) da linha de produtos, do negócio ou corporativa.                  Impacto: financeiro e estratégico do projeto na linha de produtos, na unidade de negócios e na corporação (pontuação deve ser proporcional ao impacto).</p>
<p><b>Alavancagem Estratégica</b>                  Posição proprietária                  Plataforma para crescimento: condição de abrir novos mercados ou entrar em novas áreas tecnológicas.                  Sinergia: com outras operações e produtos dentro da corporação</p>
<p><b>Probabilidade de Sucesso Comercial</b>                  Existência da demanda pelo mercado                  Maturidade do mercado: declinante (menor pontuação) até crescimento rápido (maior pontuação)                  Intensidade da competição: nível de competitividade no mercado.                  Níveis altos levam a pontuações baixas                  Aplicação comercial existente: novo (baixa pontuação) até já definido no mercado (alta pontuação)                  Previsibilidade do mercado: de baixa (menor pontuação) a alta (maior pontuação)                  Impacto regulatório social, político: negativo a positivo</p>
<p><b>Probabilidade de Sucesso Técnico</b>                  Avanço tecnológico: de alto avanço (produtos inovadores) a avanço incremental (melhorias no produto)                  Complexidade: alta (menor pontuação) baixa (maior pontuação)                  Existência de competência técnica interna: novo para nós (menor pontuação) até altamente praticado internamente (alta pontuação)                  Disponibilidade de recursos internos (humanos e materiais): contratar tudo externamente (baixa pontuação) até ter tudo disponível imediatamente (alta pontuação)</p>

- Cada critério recebe uma pontuação de 1 a 10 ancorado em 1,4,7 e 10.
- Os fatores recebem pesos que serão usados para ponderar as notas dos critérios

### Quadro 3.1 Modelo de pontuação (Scoring Model) adotado pela Hoescht

Fonte: Cooper (1997a)

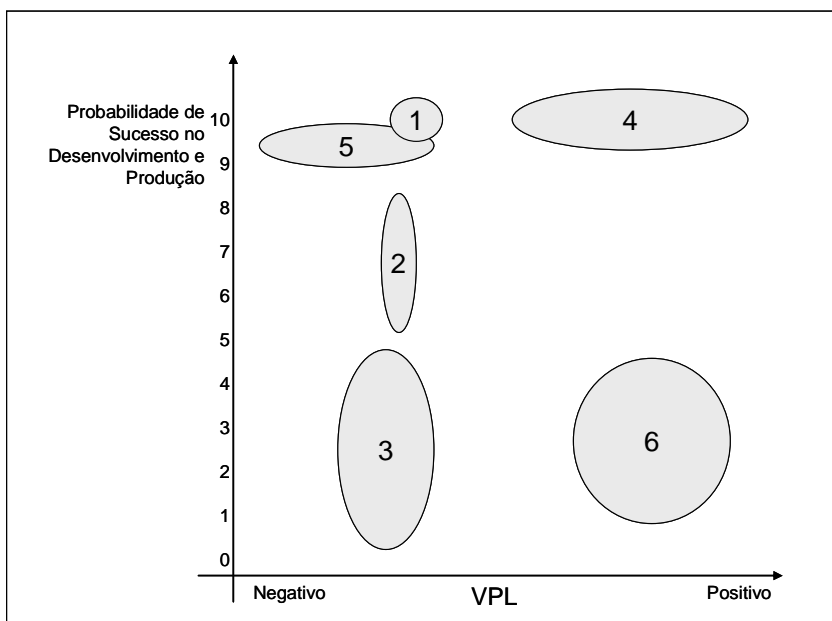
#### 3.4.5 Diagrama de Bolhas

As ferramentas mais utilizadas para equilíbrio de portfólio são aquelas baseadas em sistema visuais cuja origem está nos diagramas de quatro quadrantes proposto pelo Boston Consulting Group e McKinsey/GE ainda na década de 1970 (COOPER, 1997a). Mas as semelhanças entre os modelos usados do BCG são apenas conceituais. Os diagramas usados para gestão de portfólios buscam correlacionar duas dimensões de projetos de P&D de forma a posicioná-los relativamente um com os demais dentro do portfólio.

Cooper sugere que o uso de algumas dimensões de acordo com cada caso:

- a) Nível de adequação com o negócio ou com a estratégia corporativa;
- b) Mérito quanto à inovação e importância estratégica para o negócio;
- c) Tempo em que a vantagem competitiva será mantida;
- d) Retorno financeiro;
- e) Impacto competitivo das tecnologias;
- f) Probabilidade de sucesso técnico e/ou comercial;
- g) Custos para conclusão do processo de P&D;
- h) Prazo para conclusão do processo de P&D;
- i) Investimento de capital para lançamento.

Estas dimensões podem ser combinadas em pares. A combinação mais popular, de acordo com Cooper é o Risco versus Retorno Financeiro onde o risco pode ser determinado pelo produto da probabilidade de sucesso comercial e da probabilidade de sucesso técnico em um dos eixos e no outro eixo o VPL. A Figura 3.5 mostra o exemplo de um diagrama de bolhas apresentado por Cooper (1997a) que é utilizado pela 3M. A dimensão financeira é a distribuição de probabilidades do VPL feita através da simulação de Monte Carlo. A outra dimensão é a distribuição de probabilidade de sucesso no desenvolvimento e início de produção (*Scale Up*). As duas dimensões são apresentadas dentro do diagrama cujos eixos são proporcionais ao desvio padrão da dimensão representando o grau de confiança na informação.



**Fig. 3.5 Diagrama de Bolhas usado pela 3M para Gestão de Portfólio**

Cooper (1997a; 2001)

Apesar da aparente facilidade de uso, Cooper alerta que diagramas visuais quando usados para garantir o equilíbrio de um portfólio, não se mostram efetivos quanto ao sucesso dos produtos. Algumas empresas que utilizam estes métodos mostram não ter respostas prontas sobre equilíbrio. Apenas nos casos em que o desequilíbrio do portfólio era evidente, as empresas podiam tomar ações contundentes. Cooper recomenda usar estes métodos para atender a meta de Equilíbrio considerando que a decisão final ainda cairá nas mãos dos gestores. Para isso ele alerta que devem ser evitados arranjos complexos e sobrecarga de informação.

### **3.5 Alinhamento com a Estratégia de Negócios:**

A estratégia de uma empresa é feita através das decisões de investimentos Cooper (1997b). Os gestores devem buscar o alinhamento do portfólio com a Visão, Missão e Estratégia da empresa e do negócio.

Cooper observou que em várias empresas pesquisadas, era clara a diferença entre a realidade dos projetos encontrados no portfólio e a definição estratégica do negócio. Esta observação de Cooper mostra que efetivamente o alinhamento não é uma tarefa simples.

Para lidar com esta meta, a empresa deverá garantir que seus projetos estejam consistentes com a estratégia de negócios e que os gastos com cada um dos projetos reflitam a estratégia da empresa e do negócio. Duas abordagens são usadas:

- a) Construir critérios de definição estratégica para serem inseridos nas ferramentas de gestão de portfólio. Desta forma, será possível excluir os projetos que não atendem os critérios estratégicos durante as revisões e os Gates.
- b) A partir da estratégia da empresa, montar categorias de projetos que permitam a classificação de todos os projetos da empresa em grupos. Estas categorias também devem seguir as definições estratégicas, por exemplo: projetos para produtos inovadores ou projetos para aumento de produtividade. Os projetos são classificados para cada categoria e a cada uma delas será alocado um valor definido de recursos (humanos e/ou financeiros).

A ferramenta indicada por Copper (1997b e 2001) para garantir o alinhamento estratégico é o Modelo de Pontuação (*Scoring Model*). Esta ferramenta, além de ser útil para a meta de maximização do valor do portfólio, conforme mostrado no item 3.4.4, também poderá ser usada para o alinhamento estratégico, desde que contenha critérios estratégicos entre os muitos critérios utilizados. O modelo apresentado por Copper (1997a) usado pela *Hoescht* é

um bom exemplo de Modelo de Pontuação que atende tanto a meta de Maximização do Valor quanto à meta de Alinhamento estratégico.

Partindo da afirmação de que a implementação da estratégia acontece na alocação de recursos de uma empresa, Cooper (1997b) e Griffin (1997) convergem em que apenas o Modelo de Pontuação não seja suficiente para refletir as estratégias do negócio integralmente. Para isso Cooper sugere o uso do Modelo de Categorias Estratégicas (*Strategic Buckets Model*) Cooper (1997b, 2001) com o Modelo de Pontuação ou com outros modelos já apresentados e que estejam em uso pela empresa.

A construção do Modelo de Categorias Estratégicas tem início a partir da Estratégia de Negócio que deve ser desenvolvida junto com os Gestores das Unidades de Negócio da empresa. A estratégia deve conter metas e meios para atingir estas metas. Em seguida os gestores devem fazer escolhas sobre quais dimensões serão usadas para a montagem das categorias. Estas escolhas devem ser coerentes com a estratégia e as metas do negócio. Estas categorias serão usadas para alocação de recursos. Exemplos de dimensões observadas na prática por Cooper são:

- a) Metas Estratégicas tais como Defender a base de produtos ou cliente, Diversificação de produtos ou mercados atendidos, Expansão para novos Mercados entre outras.
- b) Linhas de Produtos. Neste caso os gestores devem ter atenção para o ciclo de vida da linha de produtos.
- c) Tipos de Projetos são considerados como Novos Produtos, Projetos de Manutenção para manter produtos no mercado, Projetos de Melhorias e ainda Projetos de Pesquisa Fundamental ou para Inovação.
- d) Matriz de Familiaridade de acordo com os mercados atendidos ou tecnologias que já tenham utilização pelo negócio.
- e) Posição geográfica tendo em vista os mercados segmentado-os de acordo com regiões onde a empresa opera.

Definidas as dimensões estratégicas os gestores deverão definir as categorias estratégicas e neste caso, cada negócio terá uma definição. Exemplos de categorias são mostrados abaixo:

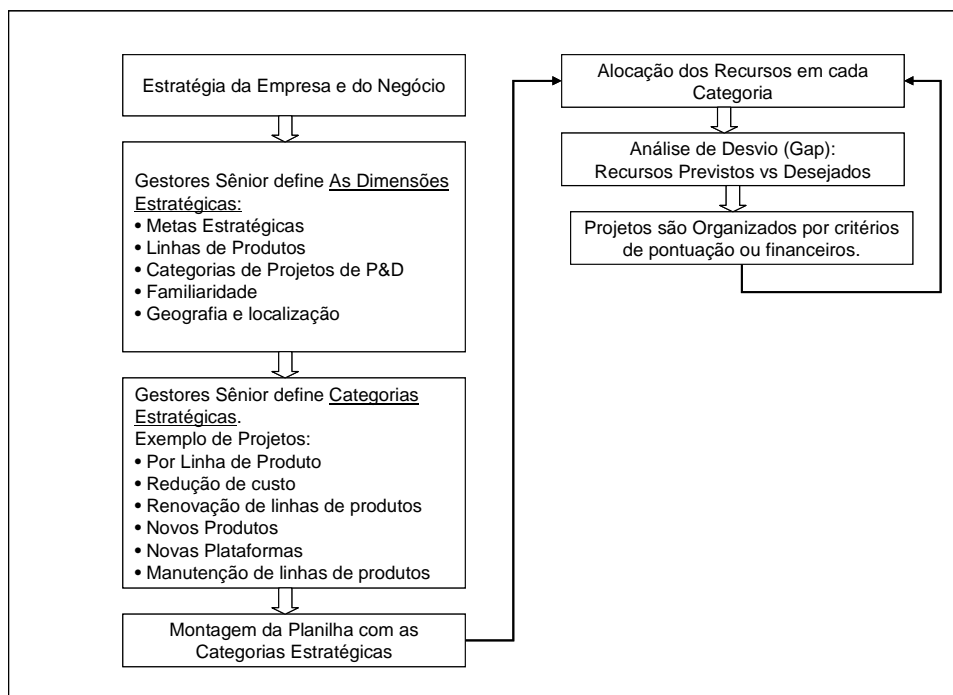
- f) Projeto para desenvolvimento de produtos para linhas A e B;
- g) Projetos para redução de custos para todas as linhas de produtos;
- h) Projetos para renovação das linhas de produtos C e D;

Com as dimensões e categorias definidas, os gestores devem alocar em cada categoria os recursos que a empresa poderá alocar no período de planejamento. Os recursos alocados em cada categoria são confrontados com os recursos realmente necessários gerando um desvio ou

*Gap*. Neste momento são aplicados os critérios de pontuação dentro de cada categoria de forma a ordenar pela pontuação. Neste caso, havendo em uma categoria um desvio entre o recurso alocado na categoria e o recurso necessário a decisão será tomada eliminando os projetos cuja pontuação seja mais baixa até que os recursos necessários se igualem aos recursos alocados. Esta classificação dos projetos dentro das categorias também pode ser feita através de critérios financeiros, por exemplo, pelo Valor Comercial Esperado (ECV) ou pelo Índice de Lucratividade (PI) ou ainda pelo Valor Presente Líquido (VPL).

O fluxo proposto é organizado a seguir na Figura 3.6.

A tabela 3.2 mostra um exemplo de Modelo de Categorias Estratégicas onde seu ponto de corte em função dos recursos alocados e da classificação de cada projeto dentro das categorias é destacado através da parte ressaltada (marcada com pintas) – Projetos Rejeitados – enquanto os projetos acima da linha de corte são aprovados e receberão recursos.



**Fig. 3.6 Fluxograma para construção do Modelo de Categorias Estratégicas**

Baseado em Cooper (1997b e 2001)

Tabela 3.2 Exemplo de aplicação do Modelo de Categorias Estratégicas

Categorias	Novos produtos		Novos Produtos		Manutenção do Negócio		Redução de Custo	
Linhas de Produtos	A		B		C e D		Todas as Linhas	
Orçamento Alocado	14,1		9,3		2,1		1,6	
Ordem*	Projeto	Custo	Projeto	Custo	Projeto	Custo	Projeto	Custo
1	A	6,1	D12	2,5	V1	1,8	100	0,3
2	C	4,1	D2	5,0	Z1	2,2	106	0,2
3	H	3,8	T	1,1	Z2	0,9	107	0,4
4	J	1,1	T1	0,7	Q2	3,1		
5	J2	0,7			Q	3,0		
6	G4	6,1			Q1	4,0		
7	G1	5,1						
8	K	0,6						
9	L7	0,8						
Projetos aprovados	A,C e H		D12, D2, T e T1		V1		100, 106 e 107	

\* Os projetos foram classificados dentro de cada categoria de acordo com seu Valor Comercial Esperado

Baseado em Cooper et al. (2001)

Cooper aponta como um dos pontos fracos deste método o tempo que os gestores devem dedicar à construção e manutenção do modelo. São necessárias muitas análises, debates e discussões. Mas este não parece, ainda segundo Cooper, um esforço em vão.

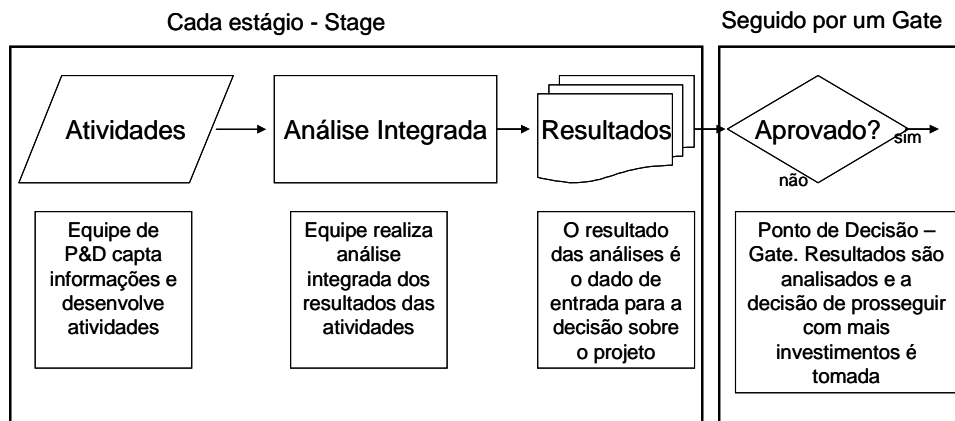
### 3.6 O Método de *Stage Gates*<sup>®</sup>

Entre as técnicas de seleção de projetos mais conhecidas e que recebeu maior atenção tanto pelas empresas quanto no meio acadêmico está o método *Stage Gate*<sup>®</sup> proposto pelo Professor Robert Cooper em 1997.

O *Stage Gate*<sup>®</sup> é um processo conceitual e operacional que busca captar e mover idéias até se tornarem produtos e processos que tragam eficiência e eficácia para as empresas. Este movimento é realizado através de processos de pesquisa e desenvolvimento, Cooper (2008).

A Figura 3.7 descreve uma seqüência típica de um processo de *Stage Gate*<sup>®</sup>. Deve ser salientado que uma das funções mais importantes de todo o processo trata da decisão de prosseguir ou não com o projeto. No caso da decisão de prosseguimento os gestores estão assumindo que farão uma aposta ainda maior através de um aumento no investimento em P&D se forem necessários mais atividades de desenvolvimento ou então prosseguir para a etapa de lançamento.





**Fig. 3.7 Fluxo simplificado do processo Stage-Gate**

Baseado em Cooper (2008)

Exemplos típicos na área industrial podem ser encontrados na área farmacêutica. Um produto ou família de produtos deve seguir várias etapas de desenvolvimento agrupadas em 3 grandes fases: desenvolvimento da tecnologia, testes clínicos e lançamento comercial. A cada etapa os gestores assumem o compromisso de aumentar o investimento tendo como base a probabilidade de gerar resultados econômicos atrativos que remuneram os investidores, Beninga, Tolkowsky (2002).

O processo de *Stage Gate*<sup>®</sup> guarda uma semelhança com o processo de Opção de Compra. Um investidor paga pela opção de comprar um pequeno volume de ações de uma empresa e aguarda por um período até que avalia os resultados daquela empresa. Neste momento ele deverá optar por pagar pelo lote de ações pelo qual fez a opção de compra ou desistir do processo perdendo o dinheiro já aportado no início. Ao decidir pela compra daquele pequeno volume de ações o investidor tem mais informações que tinha ao fazer a opção de compra e, provavelmente pode aumentar as apostas e fazer opções de compra ainda maiores já que possui mais informações Cooper (2008).

O processo de P&D é integralmente refletido no modelo *Stage-Gate*<sup>®</sup>. Várias seqüências de trabalho – *Stages* – são intercaladas por Gates de decisão. Estes Gates são orientados pela estratégia da empresa e sua eficácia será tão maior quanto melhor forem os métodos de decisão e melhores forem as definições estratégicas da empresa. Cooper define de forma simplificada os estágios e os momento de decisão - Gates:

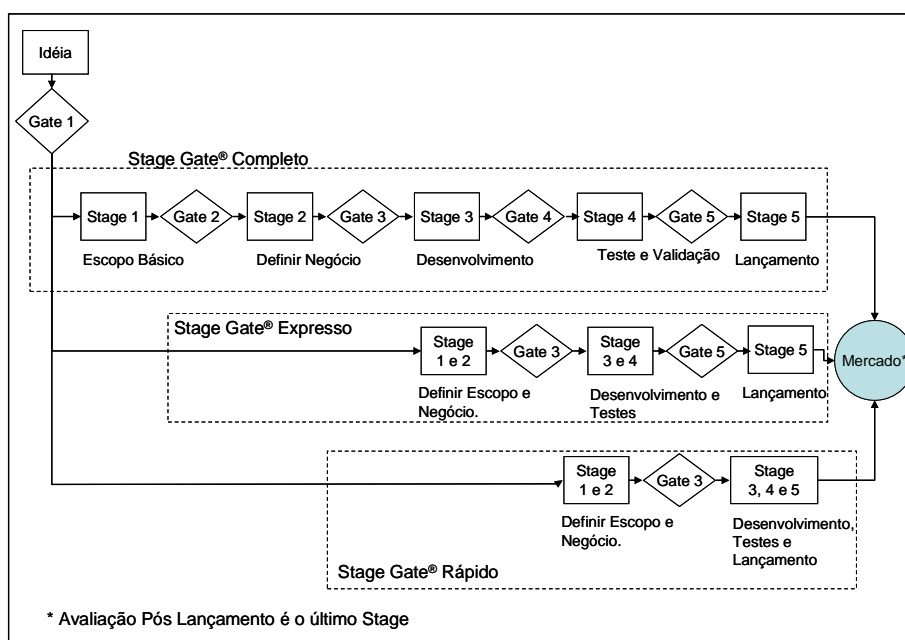
- a) Os *Stage* são tarefas orientadas para reduzir o risco e e incerteza quanto a decisão seguinte a ser tomada e são montados de forma seqüencial;
- b) A cada *Stage* o investimento cresce em relação ao estágio anterior;

- c) As atividades dentro de um *Stage* são conduzidas em paralelo de forma concorrente por vários times funcionais;

Os Gates que se seguem a cada *Stage* são momentos de análise dos resultados obtidos durante os *Stages* que servem para:

- d) Controlar a qualidade dos trabalhos nos *Stages*;
- e) Priorizar os projetos e a alocação dos recursos entre os projetos do Portfólio da empresa;
- f) Definir quais informações os *Stages* devem trazer para a decisão;
- g) Manter os critérios de decisão;
- h) Decidir sobre cada projeto, normalmente tomando as seguintes decisões:
  - i. Prosseguir para o próximo estágio;
  - ii. Cancelar o projeto não investindo e retirando-o do portfólio;
  - iii. Manter o projeto no estágio sem investir, como em um modo de espera para aguardar novas informações que venham de fora da empresa e estão fora de seu controle;
  - iv. Reciclar o projeto retornando-o para o mesmo estágio ou estágios anteriores buscando melhorar a qualidade das informações e reduzir o risco e a incerteza.

Copper (2008) propõe que as empresas devem aplicar o Stage-Gate<sup>®</sup> de acordo com cada tipo de projeto. A Figura 3.8 mostra três diferentes abordagens de Stage-Gate<sup>®</sup> de acordo com o tipo de Projeto.



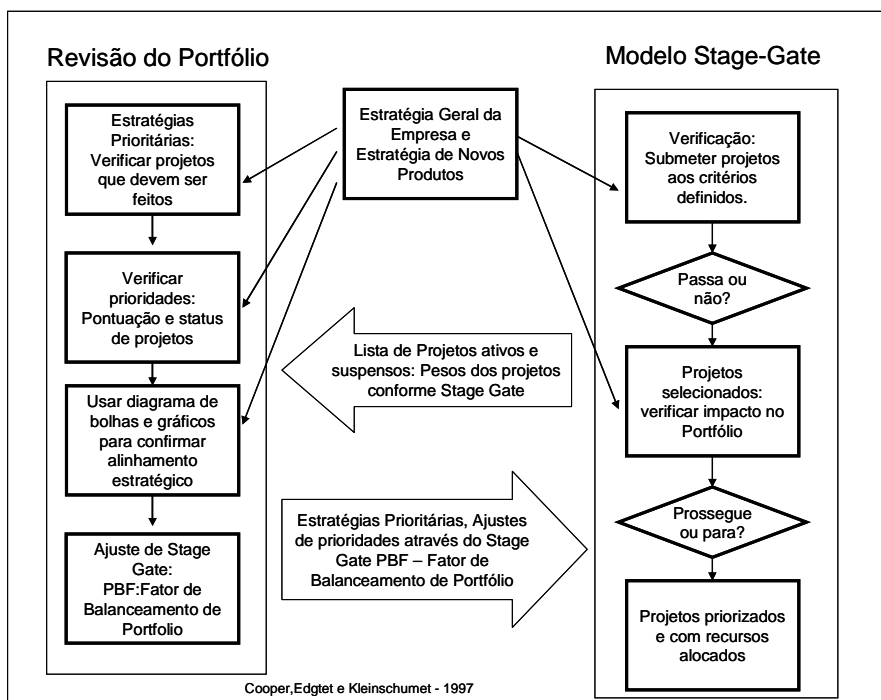
**Fig. 3.8 Adequação do Stage-Gate<sup>®</sup> com o tipo de projeto**

Baseado em Cooper (2008)

O modelo *Stage-Gate*<sup>®</sup> completo deve ser aplicado em projetos complexos e de alto risco seguindo os 5 estágios. Os Projetos de complexidade média podem seguir o *Stage-Gate*<sup>®</sup> Expresso com apenas 3 *Stages*. Os projetos que implicam em pequenas mudanças nos produtos e processos, normalmente originados de pedidos do pessoal de vendas ou marketing podem seguir o modelo *Stage-Gate*<sup>®</sup> Rápido com apenas 2 *Stages*.

Cooper mostra que seja qual for o caminho escolhido, haverá sempre um último estágio de revisão dos resultados após o lançamento do projeto no mercado. Este estágio vai realimentar os pesquisadores e gestores quanto a melhores práticas de gestão e técnicas de P&D além de aferir o processo de decisão.

Em uma visão mais abrangente, o modelo de *Stage Gate*<sup>®</sup> proposto por Cooper integra todo o processo de gestão do portfólio de projetos de P&D através de ligações com a estratégia da empresa, priorização e fatores para balanceamento. Como resultado o modelo *Stage Gate*<sup>®</sup> retorna com as informações sobre o status de cada projeto no portfólio permitindo aos gestores uma revisão geral do portfólio dentro do Planejamento Agregado. Este processo é mostrado na Figura 3.9 a seguir.



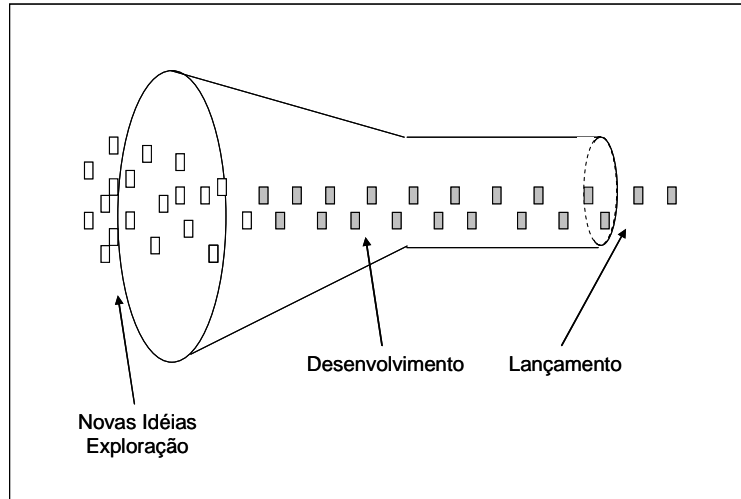
**Fig. 3.9 Modelo *Stage Gate*<sup>®</sup> e a revisão do Portfólio**

Baseado em Cooper (1997b)

### 3.7 Construção do Portfólio de Projetos através do Funnel

Os métodos e técnicas estudados até aqui para Gestão de Portfólio de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento podem ser agrupados sob um conceito conhecido como Funnel. Segundo

Clark e Wheelwright (1993, p.293) este conceito serve para ilustrar a forma como as empresas devem gerenciar seus portfólios de projetos de P&D desde a busca de idéias até o lançamento dos produtos no mercado.



**Fig. 3.10 Funnel e a representação do Portfólio de Projetos P&D**

Sua aplicação demanda dos gestores 3 ações principais:

- a) Alargar sua “boca”: como todo funil que se preze, o Funnel tem sua boca de entrada para idéias e inovações. Abrir a boca do funil significa expandir a base de conhecimento técnico e científico para além da base atual. As formas indicadas para expandir esta base de conhecimento são a montagem de uma rede de contatos e colaboração com pesquisadores e fazer constantes pesquisas na sua base de clientes e também em novas bases de clientes.
- b) Estreitar o pescoço do funil: uma vez capturadas novas idéias, estas precisam ser exploradas e selecionadas. Este é o significado do estreitamento do pescoço do funil. Fazer escolhas o que é um papel dos gestores. Conforme vista anteriormente, as escolhas são feitas a partir de uma orientação vida da estratégia geral da empresa e da estratégia de P&D e são executadas através da priorização dos projetos e da alocação de recursos.
- c) Garantir que os projetos selecionados para desenvolvimento atendam os objetivos e metas para os quais foram inicialmente escolhidos. Para isso os gestores devem organizar métodos e processos eficazes de pesquisa e desenvolvimentos utilizando recursos e ferramentas adequados para esta finalidade. Estes métodos vão além do escopo deste estudo.

Clark e Wheelwright (1993, p.298) propõem um modelo de Funnel que busca atender todas dimensões definidas por eles como sendo fundamentais para o gerenciamento do Portfólio de Projetos P&D. As três dimensões básicas são: Criação de Projetos de Desenvolvimento;

Convergência entre Conceito, Detalhamento; e Projeto e Compromisso com o Mercado. O desdobramento destas três dimensões mostra as ações necessárias dentro do Funnel de Desenvolvimento que ocorre em três fases.

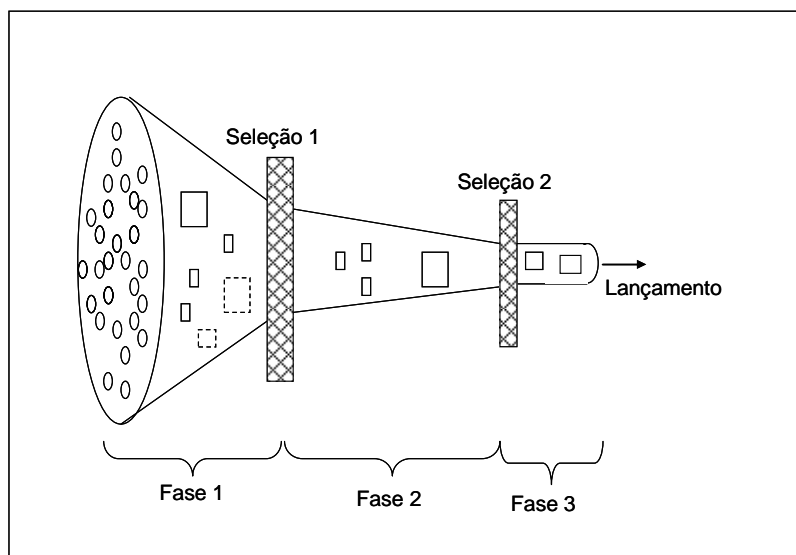
O Quadro 3.2 a seguir resume as três dimensões e os critérios em cada uma das fases.

<b>Dimensões</b>
<b>Criação de Projetos de Desenvolvimento</b> <i>Fontes de Idéias</i> Pontos de entrada Direcionamento Abrangência Processo de seleção Aplicação Critério Estrutura Pessoal
<b>Convergência Conceito, detalhamento e Projeto</b> <i>Processos de seleção</i> Sequenciamento Aplicação Critério Fomalização Pessoas Processo de Decisão <i>Padrão de convergência</i> Nr. De Opões Largura e comprimento do Túnel
<b>Compromisso com o Mercado</b> Critério para Introdução Processo de Decisão

### Quadro 3.2 As três dimensões do Funnel

Baseado em Clark e Wheelwright (1993)

A partir das dimensões e ações, Clark e Wheelwright propõem um modelo que eles chamam de Modelo Funnel Inovador e Focado que é mostrado na Figura 3.11



**Fig. 3.11 Modelo Funnel Inovador e Focado.**

Baseado em Clark e Wheelwright (1993)

Este modelo tem como base as melhores práticas observadas pelos autores. Sua divisão em três fases é uma sugestão dos autores assim como a utilização das fases de seleção ou, como os autores sugerem no texto original, peneiras.

Na Fase 1 o Funnel deve ter a maior abertura possível o que implica em ter uma empresa não só buscando constantemente inovação para suas linhas de produtos como também novas tecnologias.

Após a Fase 1 acontece a 1ª Revisão. Esta revisão atua como processo de seleção dos projetos que devem prosseguir para a Fase 2 e avaliam o nível de desenvolvimento atingido por cada projeto que está nesta fase contêm um elevado nível de incerteza quanto a sua viabilidade mercadológica e econômica. Os gestores deverão avaliar o potencial do projeto e seu alinhamento com a estratégia da empresa. O processo de seleção desta fase deve ser executado por uma equipe multi funcional para que todas as suas dimensões sejam levadas em conta. A equipe multifuncional que atua na primeira etapa de seleção poderá, além de promover um projeto para a 2ª fase, também poderá retorná-lo ao processo da 1ª fase julgando haver potencial no projeto.

Outra função da primeira seleção é a avaliação quanto ao conjunto de projetos que estão sendo avaliados. Segundo Clark e Wheelwright, pode haver projetos semelhantes sendo trabalhados por equipes diferentes, projetos que combinados podem apresentar ganhos de sinergia e melhores resultados.

Se o projeto for selecionado será conduzido à Fase 2 que demandará maiores investimentos e um aprofundamento dos estudos e pesquisas, principalmente quanto a parte técnica. Nesta fase o Projeto ganha formato passando a ter escopo, especificação e as primeiras informações econômicas para enfrentar a segunda fase de seleção que desta vez terá um papel mais direto de dar ou não acesso a 3ª fase.

Na 3ª fase o projeto receberá um volume de recursos maior e os estudos ganharão maior profundidade e por isso maior certeza e confiança.

A empresa terá ao final da 3ª fase condições de decidir pelo lançamento do produto no mercado e poderá realimentar seus processos de gestão de portfólio formando uma curva de aprendizado.

### **3.8 Integração da Estratégia e Avaliação de Investimentos com a Gestão de Portfólio**

Neste estudo abordamos o tema gestão de portfólio para suportar estudos subsequentes sobre gerenciamento de investimentos em projetos de pesquisa geológica. Nosso objetivo é tratar os projetos de pesquisa geológica como opções de investimento que tem uma maturidade e que podem ter seu destino alterado para melhor ou para pior na medida em que a gestão destes projetos de pesquisa é tanto mais ou menos eficaz.

A gestão de portfólio de projetos de desenvolvimento de novos produtos, dentro da área de estudos de “Gestão do Desenvolvimento de Novos Produtos” será usada para suportar a nossa proposta de uma metodologia de gestão de projetos de pesquisa. A maturidade dos projetos será avaliada a cada estágio das pesquisas, como nos *Stage Gates*<sup>®</sup> propostos por Cooper. Os projetos seguirão uma seqüência de seleção e priorização de acordo com o Funnel descrito por Clark e Wheelwright e os métodos de avaliação seguirão critérios de acordo com o negócio da empresa. No estudo que realizamos em uma empresa de mineração optamos por dois métodos de avaliação: Diagrama de Bolhas para captação de projetos na 1ª fase e o Modelo de Opções de Preços e a Teoria de Opções Reais combinada como simulação de Monte Carlo que serão estudados no Capítulo 4 e combinados no Capítulo 5 quando será proposto um modelo de gestão de portfólio de projetos de pesquisas geológicas.

## 4 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

### 4.1 Histórico da análise de investimentos

Buscamos na literatura acadêmica descobrir o histórico da decisão sobre investimentos estratégicos tais como a compra de outra empresa, a construção de uma nova fábrica ou a expansão de uma Mina. O objetivo é descrever a evolução das empresas até as técnicas atuais. Esta descrição histórica vai nos ajudar a explicar os modelos de decisão sobre investimentos atuais e assim ajudar na proposição de métodos aplicados para seleção de projetos de P&D.

Para esta tarefa selecionamos estudos realizados nos últimos 60 anos sobre empresas no Brasil, Estados Unidos e Europa. A definição de 60 anos como faixa de tempo foi tomada em função de fatos históricos recentes: a grande recessão econômica de 1929, a 2ª Grande Guerra mundial e evolução dos sistemas computacionais.

Tanto a grande recessão mundial de 1929 quanto a 2ª grande guerra causaram fortes mudanças econômicas principalmente no que se refere à livre iniciativa e a liberdade de opções pelos investidores. Mesmo em países capitalistas, houve necessidade de forte intervenção dos governos centrais para manter a economia dentro do eixo geopolítico demandado naquela época Gianetti (2005). Desta forma, não seria de se esperar que a ênfase dos estudos econômicos nas empresas fosse o principal foco dos estudos acadêmicos, Rokley (1968). A outra razão, disponibilidade de sistemas computacionais se explica por ser este um recurso essencial para a tomada de decisão por todo tipo de empresa. Pela Lei de Moore<sup>12</sup> o poder computacional dobra a cada 18 meses enquanto o custo cai pela metade. Esta lei se manteve por pelo menos 25 anos, compreendendo os anos de 1980 até hoje. Desta forma, foi possível às empresas uma forte automatização de processos internos assim como a melhoria dos processos de decisão, em especial aqueles sobre investimentos.

Selecionamos dois estudos:

- a) *Capital Investments Decision*, pelo Professor Lawrence Rockley do *Lancaster College of Technology* na Inglaterra, publicado em 1968. Rockley avaliou, através de questionários, 16 empresas inglesas de vários tamanhos e setores industriais sobre a sua forma de análise de investimentos;

---

<sup>12</sup> O Engenheiro Gordon Moore é co-fundador da Intel que atualmente é a maior fabricante de semicondutores para computação do mundo. Moore previu em 1965 que o número de transistores em um chip dobraria a cada 2 anos o que levaria a duplicação da capacidade computacional a cada 18 meses. Informação extraída do site da empresa em 18/06/2008 [www.intel.com](http://www.intel.com)



- b) **Prática da Engenharia Econômica no Brasil**, pelo professor Ralph Gersdorff da Fundação Getúlio Vargas em São Paulo publicado em 1978. Gersdorff avaliou através de questionários, 54 empresas pequenas, médias e grandes que representavam os principais setores industriais brasileiros e estavam situadas no eixo entre as cidades de São Paulo e Campinas.

As conclusões dos estudos de Rockley e Gersdorff podem ser resumidas como segue:

- a) Entre 1965 e 1975 as empresas estudadas apresentavam o seguinte perfil:
- I. Menos de 30% usava o FCD como método de avaliação;
  - II. Mais de 50% usavam Retorno do Capital Investido (*Pay Back*);
  - III. Menos de 15% faziam integração entre as áreas de planejamento, responsáveis pelos estudos de análise de investimentos e as áreas de produção e marketing;
- b) Inicialmente não havia um padrão para montagem dos modelos de fluxo de caixa apesar de haver, por parte das empresas pesquisadas, uma preocupação com a escolha de um modelo único pelo menos para comparações internas;
- c) Havia uma defasagem de pelo menos 10 anos entre o Brasil e os países desenvolvidos, quanto ao uso das técnicas de avaliação de investimentos.
- d) No Brasil, os estudos eram pouco sustentados por dados estatísticos sobre custos e vendas.
- e) Tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos e Europa não havia integração entre as áreas que realizavam os estudos e as demais áreas da empresa o que resultava estudos não alinhados com a estratégia geral das empresas.

Para cobrir as décadas de 1980, 1990 e 2000, buscamos artigos publicados em periódicos acadêmicos e comentados por especialistas de renome. Um destes especialistas foi o Professor Aswath Damodaran da Universidade de Nova York. Ele comenta duas pesquisas realizadas em dois períodos: 1976 e 1986 Damodaran (2001). A primeira foi realizada por Gitman e Forrester (1977) e entrevistou 112 gestores financeiros de empresas nos Estados Unidos. A segunda pesquisa foi ampliada por Kim *et all* (1986) e cobriu 587 empresas. O resumo das duas pesquisas é apresentado no Quadro 4.1.

Técnica	Nível de Adoção (%)			
	Principal		Secundária	
Data da Pesquisa	1976	1986	1976	1986
Taxa Interna de Retorno (TIR)	54	49	14	15
Taxa Contábil de Retorno (TCR)	25	8	14	19
Valor Presente Líquido (VPL)	10	21	26	24
Período de Retorno (Pay Back)	9	19	44	35
Índice de Lucratividade	2	NC	2	NC
Índice Custo / Benefício	NC	3	NC	7

#### Quadro 4.1 Histórico sobre os métodos usados pelas empresas

Baseado em Damodaran, 2001 apud Gitman, 1976 e Kim, 1986

Damodaran apresenta as seguintes conclusões:

- O método da Taxa Interna de Retorno (TIR) era o dominante em aproximadamente 50% das empresas e o segundo método é o Período de Retorno (*Pay Back*).
- O método do Valor Presente Líquido (VPL) mais que dobrou seu nível de adoção como método dominante.
- Da mesma forma que o VPL o *Pay Back* teve seu nível de adoção como dominante aumentado em mais de 100%.

Damodaran supôs que o aumento da adoção do VPL e a manutenção da TIR como métodos dominantes se dava pelo reconhecimento por parte dos analistas de que os métodos baseados em Fluxo de Caixa poderiam detectar o valor adicionado pelo projeto para a empresa. Entretanto há uma dúvida: porque os analistas passaram a adotar cada vez mais o método de *Pay Back*? Damodaran afirma que, pelo fato das empresas estarem muito alavancadas<sup>13</sup> na década de 80<sup>14</sup>, a medida do *Pay Back* vem como uma medição da garantia de que o projeto em análise será suficientemente lucrativo para pagar de volta o financiamento dentro de um prazo seguro.

Nós nos permitimos comentar esta questão através da nossa própria vivência em empresas de mineração e empresas industriais brasileiras. Há que se considerar que os analistas de mercado, da mesma forma que os tomadores de decisão dentro das empresas, precisam ter instrumentos rápidos e simples de avaliação. Métodos como

<sup>13</sup> O termo “alavancado” é usado pelo pessoal do Mercado financeiro e quer dizer que o valor dos passivos ou dívidas das empresas é muito alto quando comparado com os ativos ou valores reais da empresa. É uma expressão que se refere ao endividamento.

<sup>14</sup> Damodaran não explica de onde vem a afirmação de que as empresas estejam usando mais recursos externos que o capital próprio para financiar seus projetos.

VPL e TIR são amplamente conhecidos e estudados tanto nos cursos de engenharia quanto de administração e economia. Entretanto, além de serem trabalhosos que uma análise de *Pay Back*, são menos intuitivos. Provavelmente o *Pay Back* se manterá em uso pelas empresas por sua simplicidade, mesmo que seja uma ferramenta que subutiliza os recursos da empresa principalmente num ambiente onde existam vários projetos competindo por recursos.

Uma pesquisa mais recente foi desenvolvida por Demirakos, Strong e Walker entre 1997 e 2001 e publicada em 2004, Demirakos *et all* (2004). Esta pesquisa utilizou como método de coleta de dados os relatórios emitidos por analistas de mercados sobre empresas listadas na Bolsa de Valores de Londres. Nestes relatórios, os analistas buscam determinar o valor das empresas e por consequência o valor correto das ações de cada empresa de forma a recomendar a compra ou a venda de ações.

Esta abordagem, conforme os autores comentam, é interessante já que os analistas devem adotar métodos de avaliação de empresas que permitam ao investidor escolher entre as opções (vender ou não, comprar ou não) o que em última análise se refere a uma decisão sobre investimentos.

O resumo dos resultados da pesquisa, sob a ótica deste trabalho é que os métodos usados para avaliação de empresas tornam-se cada vez mais complexos e variados. A pesquisa detectou 16 métodos agrupados em 3 modelos principais:

- a) Comparativo de Períodos Simples: utiliza métodos contábeis, valores das ações e EBITDA<sup>15</sup> para encontrar valores múltiplos a serem aplicados sobre o valor das vendas ou valor dos ativos.
- b) Modelos híbridos: usam o fluxo de caixa combinados a análises de valor tais como EVA<sup>16</sup> e Opções Reais.
- c) Modelos Multi Períodos usam Fluxos de Caixa Descontados e ganhos contábeis residuais a valor presente.

Conforme o setor industrial avaliado, percebe-se a adoção de um método sobre os demais. A pesquisa mostra que o setor de bebidas, um dos selecionados pelo estudo, utiliza o método do período simples enquanto setores complexos como farmacêutico onde existem fatores como pesquisa de novas drogas, usam métodos híbridos como FCD e Opções Reais. Os métodos

---

<sup>15</sup> EBITDA = *Earnings Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization* ou Lucro antes dos Juros, Impostos, Depreciação e amortização.

<sup>16</sup> EVA = *Economic Value Added* ou Valor Econômico Adicionado. Trata-se de modelo proposto por Alfred Marshall e patentado pela *Stern Stewart & Company*.

baseados em Fluxo de Caixa Descontados, são usados em setores onde a aplicação de capital é intensiva.

#### **4.2 O Valor Temporal do Dinheiro, Risco e Incerteza**

O valor temporal do dinheiro está relacionado. Damodaram (2001), Gitman, (2001) e Gianetti (2006) publicaram conceitos sobre o valor do dinheiro no tempo a partir de visões diferentes. Gianetti trouxe uma visão filosófica sobre o poupar ou gastar hoje ou garantir o amanhã versus viver hoje enquanto Damodaran e Gitman fizeram abordagens financeiras.

Existem três fatores que estão embutidos nos juros que ganhamos na aplicação após um determinado período de tempo. O primeiro: as pessoas têm a preferência por consumir hoje, no presente a adiar o usufruto das coisas para o futuro. O segundo: a inflação presente nos preços o que implica que R\$1,00 hoje não comprará as mesmas coisas passado um ano. O terceiro: a incerteza sobre o futuro que no caso de um investimento se traduz na incerteza sobre o retorno que teremos na aplicação de R\$1,00.

Portanto, o valor temporal do dinheiro deve lidar com estes três fatores e para isso, utilizamos o conceito de taxa de desconto ou taxa de juro nominal que deverá pagar pelos três fatores acima:

- a) Inflação esperada sobre os preços de bens, produtos e serviços.
- b) Taxa de juros reais ou aquela que remunera sua aplicação sem riscos.
- c) Recompensa pelo adiamento do consumo.

Esta taxa será maior em ambientes de investimento incerto com elevadas taxas de inflação e menor em ambientes de maior segurança e menores taxas de inflação Gitman (2001).

#### **4.3 Abordagens para Avaliação**

Segundo Damodaran, existem três tipos de abordagem para avaliação de investimentos, Damodaran (2002, p21):

- a) Fluxo de Caixa Descontado: o valor do ativo ou do investimento é o valor presente dos fluxos de caixa esperados naquele ativo ou investimento;
- b) Avaliação Relativa: estima o valor de um ativo ou investimento através da comparação com preços negociados de ativos ou investimentos semelhantes;
- c) Modelo de Opção de Preços: onde o valor está condicionado a obtenção de determinadas condições abrindo então a opção da realização ou não de um investimento.

Apesar de existirem três métodos, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) é o método em que se baseiam os vários métodos que surgiram e vieram para resolver algumas de suas limitações. Discutiremos as três abordagens a seguir.

#### 4.3.1 Fluxo de Caixa Descontado

Esta abordagem de avaliação se fundamenta na regra do Valor Presente - VP dos fluxos de caixa futuros gerados pelo ativo. Damodaran (2002); Luehrman (1997); Hirshleifer (1958). Sua notação matemática é normalmente expressa como:

$$\text{Valor do Ativo ou do Investimento} = \sum_{t=1}^{t=n} CF_t / (1 + r)^t$$

Onde:

n = Vida do ativo ou do investimento em número de períodos

CF<sub>t</sub> = Fluxo de Caixa no período t

r = Taxa de Desconto que reflete o risco estimado dos Fluxos de Caixa

Esta abordagem pode ser aplicada, por exemplo, para medir o valor de ações através da projeção do pagamento de dividendos ou de letras de câmbio do tesouro brasileiro. Neste estudo, vamos limitar ao estudo sobre avaliação de investimentos. Portanto a taxa de desconto se aplica ao risco do investimento e os fluxos de caixa são os resultados econômicos de cada período do projeto de investimento, normalmente o lucro líquido a ser distribuído aos acionistas.

Damodaran (2002, p.16) argumenta que o método do Fluxo de Caixa aborda os fundamentos do ativo e mesmo que uma empresa apresente valor diferente do valor de mercado traduzido pelo valor de transação de suas ações, estes dois valores, Fluxo de Caixa e Mercado devem convergir mais cedo ou mais tarde.

A discussão recorrente recai sobre a taxa de desconto. Na fórmula apresentada ela é mostrada como “r” mas sua definição deve conter risco esperado para o investimento que á incerteza sobre a realização dos fluxos de caixa esperados. Variação de custos, preços dos produtos, capacidade produtiva podem alterar os valores de fluxo de caixa esperados. Os autores citados definem a taxa de desconto que melhor reflete o risco do projeto como aquela que representa o custo médio ponderado do capital – WACC. Brasil (2002, p56) argumenta que, dependendo da forma como um investimento será financiado esta taxa terá diferentes resultados. A ponderação que os demais autores demonstram é mostrada por Brasil da seguinte forma:

$$r = k_d \cdot (1 - t) \cdot [E/(E + PL)] + k_e \cdot [PL / (E + PL)]$$

Onde:

$r$  = Taxa de desconto

$k_d$  = Custo de Capital do Credor

$t$  = Alíquota do Imposto de Renda

$k_e$  = Custo de Capital do acionista

$E$  = Valor de mercado das dívidas

$PL$  = Valor de mercado do capital do acionista

$E / (E + PL)$  = Proporção do ativo financiado por dívida

$PL / (E + PL)$  = Proporção do ativo financiado pelos acionistas

O risco do negócio se apresenta através dos termos  $k_d$  e  $k_e$  que têm embutidos em seus cálculos, os fatores de risco de mercado determinados por coeficientes ligados a índices setoriais. Assim, um investimento a ser realizado em um setor considerado pelo mercado como de risco terá um custo de capital do credor mais elevado do que uma empresa que vai atuar em um segmento mais seguro.

#### **4.3.2 Avaliação Relativa**

Apesar da atenção dada ao método de Fluxo de Caixa, segundo Damodaran, a maior parte das avaliações é feita através de meios de comparação entre investimentos semelhantes e convertidos através de variáveis comuns tais como lucro, fluxo de caixa, valor contábil ou receitas. Portanto, esta abordagem, ao contrário do Fluxo de caixa assume que o mercado está sempre certo. Mas, o mercado erra! Entretanto, com o tempo, ele tende a acertar o valor dos ativos negociados Damodaran (2002, p18)..

A avaliação relativa pode ser realizada através de múltiplos obtidos de comparações com transações realizadas no mesmo setor de mercado ou com transações realizadas no passado. Outra forma é o uso dos fundamentos obtidos através de uma análise de fluxo de caixa de onde se obtém os múltiplos. Os múltiplos obtidos são aplicados ao lucro atual da empresa em avaliação para obter seu valor de mercado.

A utilização de múltiplos tem sua aplicação indicada para investimentos em negócios cujos indicadores são conhecidos publicamente, tipicamente empresas abertas com ações negociadas em bolsa de valores. Os valores publicados sobre seus balanços são usados para determinar o lucro e os múltiplos de um determinado segmento. O problema é que este tipo de abordagem sofre com a interpretação de quem esteja analisando o investimento. Primeiro porque pode haver dúvida sobre o que é um investimento semelhante já que cada negócio tem

suas especificidades. Outra questão é a escolha de empresas de um único setor. Finalmente, a abordagem pode ainda falhar por ter muitos de seus parâmetros não revelados.

### 4.3.3 Modelo de Opções de Preços

Damodaran coloca o a abordagem do Modelo Opções de Preços MOP como o mais significativo e revolucionário desenvolvimento sobre avaliações ocorrido recentemente podendo ser aplicado em casos especiais onde resulta em um valor do ativo maior que o valor presente dos fluxos de caixa esperados, desde que ocorram determinados eventos, Damodaran (2002).

De acordo com Smit e Trigeorgis (2004), o modelo de avaliação baseado no MOP capta o valor de um investimento além daquele normalmente captado pelo método do Fluxo de Caixa. Isso decorre do fato que um investidor que puder adiar um investimento e aguardar o melhor momento para lançá-lo terá um retorno maior que se lançasse o investimento antes e esta é uma opção que tem valor adicional devendo ser considerada. Outro valor adicional captado pelo MOP é a capacidade dos gestores de lidar com ameaças e oportunidades. Um exemplo de ameaça da queda de receitas pela entrada de um concorrente. Esta ameaça pode ser minimizada pela redução dos custos de produção dada a experiência da empresa. Uma oportunidade diante do aumento dos preços de uma commodity é o aumento da produção através da expansão da capacidade.

Por sua característica rígida o método do Fluxo de Caixa perde estes valores adicionais. Segundo Smit e Trigeorgis Steward Myers cunhou o termo “**Opções Reais**” para definir estas opções ou oportunidades que um ativo em avaliação pode possuir. O Modelo de Opções de Preços desenvolvido por Fisher Black e Myron Scholes em 1973 poderia, segundo Myers ser usado pelas empresas para captar estas opções que seriam “**opções reais para a empresa**”. Desta forma, o MOP, antes usado para avaliação do valor de opções de compra de ações, títulos e opções com commodities, passaria a ser aplicado também no processo de avaliação de empresas e suas opções de investimentos. Esta abordagem ganhou o nome de **Teoria de Opções Reais ou TOR** que será usada neste estudo juntamente com o termo Modelo de Opções de Preços MOP que por sua vez será detalhado no item 4.5 deste capítulo.

### 4.4 Limitações do Fluxo de Caixa Descontato e do Valor Presente Líquido

Realizamos análise em relatórios publicados por empresas de mineração com ações negociadas em bolsas de valores com o objetivo de avaliar a utilização de técnicas de

avaliação de investimentos e criação de valor ao acionista. A lista com o nome de todas as empresas e as conclusões estão detalhadas no Apêndice I.

Foram selecionados relatórios de 5 empresas mineradoras com ações negociadas na bolsa de valores de Toronto no Canadá que foram publicados entre 2004 e 2008.

Estas empresas publicaram ao longo do período analisado, 23 relatórios que atendem a norma canadense de avaliação e recursos e reservas minerais NI 43-101. Nestes relatórios, obtidos no site [www.sedar.com](http://www.sedar.com), foram avaliados projetos minerais para exploração de novos depósitos minerais ou que propunham a expansão de operações existentes.

Todos os relatórios, por força da norma, devem conter um capítulo específico para as análises econômicas. As metodologias de avaliação utilizadas foram o FCD, o VPL o *Pay Back*<sup>17</sup> e a TIR.

*Nossa opinião sobre este resultado é que a popularidade destes métodos se explica pela familiaridade dos analistas de mercado com os métodos. Outra razão está no fato de que estes relatórios são públicos e deve conter informações que possam ser interpretadas por todos os tipos de profissionais ligados a área de investimentos.*

Entretanto o método do Fluxo de Caixa Descontado apresenta limitações importantes. Damodaran (2002), explica que estas limitações estão na característica essencial do método: os fluxos de caixa esperados do ativo em avaliação. As incertezas nos parâmetros que interferem no fluxo de caixa são pontos de vulnerabilidade do método. Damodaran identifica 7 situações em que o uso do fluxo de caixa apresenta sérias limitações:

- 1) **Empresas gerando prejuízos.** Pelo fato de que fluxos de caixa negativos gerarão um valor do ativo negativo, o que é impossível de acontecer (a não ser que o dono do ativo resolva pagar para que alguém fique com uma empresa em prejuízos).
- 2) **Empresas que atuam em mercados cíclicos:** mercados em que a geração de receitas não é previsível ou são completamente cíclicas o que gera fluxos de caixa negativos por longos períodos.
- 3) **Empresas com ativos não utilizados:** uma empresa é avaliada pelo fluxo de caixa que gera sempre considerando que todo o ativo da empresa está sendo utilizado em sua plena capacidade. Para empresas que tenham ativos não utilizados o FCD não conseguirá captar a opção de aumento de capacidade.
- 4) **Empresas com patentes ou produtos opcionais.** Os fluxos de caixa gerados no passado são usados para projetar os fluxos de caixa futuros. Empresas com opções tecnológicas

---

<sup>17</sup> *Pay Back* é definido como o prazo em número de períodos de tempo que a soma do lucro do negócio gasta para pagar o investimento inicial ou o valor de S na notação do MOP.



tais como patentes ou produtos desenvolvidos, podem alterar drasticamente sua receita através do lançamento de novos produtos e novos mercados.

- 5) **Empresas em processos de reestruturação.** Para empresas em fase de reestruturação, a projeção de fluxos de caixa é muito complexa levando em conta que sua estrutura de capital, estrutura societária entre outras características podem ser alteradas o que muda a expectativa de fluxos de caixa.
- 6) **Empresas envolvidas em aquisições.** Nestes casos as empresas se envolvem na possibilidade de obter sinergias com a empresa adquirida assim como se for adquirida, seu resultado pode ser afetado.
- 7) **Empresas privadas.** É muito comum que em empresas privadas apresentem informações para avaliação muito pobres e incorretas o que dificulta a avaliação.

A natureza rígida do fluxo de caixa é ideal em mercados estáveis, onde as previsões e os cenários elaborados pelos analistas são confiáveis e as estratégias estabelecidas na etapa de planejamento podem ser implementadas como originalmente concebidas, Amran e Kulatilaka (2000, p.15).

Entretanto, nas últimas décadas, nem mesmo os negócios tradicionalmente estáveis e previsíveis tem se comportado desta forma. O que não seria necessariamente ruim já que isso implica em oportunidades além das ameaças. Em ambientes instáveis o FCD, por não considerar as incertezas de mercado e os possíveis cursos de ação que a gerência pode tomar em função da evolução dos acontecimentos, não gera resultados adequados à tomada de decisão para esse tipo de investimento.

Outra deficiência da técnica de FCD é o fato de seu resultado se basear apenas no fluxo de caixa imediato do projeto em análise, sem levar em conta que esse projeto pode servir de base para o surgimento de novas oportunidades de investimento, denominadas opções de crescimento, Luehrman (1998b) e Kester (2001). Desta forma, há uma tendência das empresas que adotam o FCD como ferramenta de análise financeira privilegiar projetos de retorno rápido em detrimento daqueles que criam vantagens competitivas e garantem a sustentação do negócio no longo prazo. Esse foco no curto prazo causado pela utilização de um instrumento financeiro inadequado foi apontado por Myers (2001) como uma das causas da perda de competitividade de indústria americana na década de 80.

O investimento em um projeto tem a característica de ser irreversível (*sunk cost*), isto é, não é possível, em caso de desistência, recuperar todo o montante aportado. Esse fato, aliado à incerteza em relação a variáveis chaves do fluxo de caixa do projeto leva à existência de valor na possibilidade de se adiar a realização do investimento. Assim, a possibilidade de realização

do investimento em algum momento além do atual tem valor superior à implementação imediata do projeto. Segundo Dixit e Pindyck (2001), quando uma empresa realiza um investimento irreversível está, na verdade, matando uma opção, isto é, desiste da possibilidade de aguardar novas informações que podem afetar positivamente seu valor. O valor dessa opção de adiamento também não é captado pela técnica de FCD.

O descompasso entre a teoria de finanças e a de planejamento estratégico fez com que houvesse um distanciamento das duas disciplinas. Os estrategistas das empresas ao se depararem com projetos estratégicos de VPL negativo utilizavam argumentos qualitativos como a criação de vantagem competitiva ou a existência de benefícios intangíveis para justificar sua implementação, descartando os resultados gerados pelas análises financeiras Myers (2001, p.29).

A utilização de Análise de Sensibilidade e de Cenários, Simulação de Monte Carlo e Árvores de Decisão buscou contornar as restrições da análise de FCD. Entretanto elas também apresentavam suas limitações. A Análise de Sensibilidade, a Análise de Cenários e a Simulação de Monte Carlo buscam incorporar a incerteza no modelo de análise, mas não consideram a flexibilidade gerencial, isto é, a possibilidade de tomar ações corretivas ao longo do projeto. Já as Árvores de Decisão falham ao utilizar a mesma taxa de desconto para trazer a valor presente fluxos de caixa gerados por cursos de ação que apresentam riscos distintos. A utilização de taxas de desconto diferentes para cada ramo da Árvore de Decisão torna extremamente complexa sua utilização Copeland e Antikarov (2002).

Estas limitações vêm sendo reduzidas através do uso de técnicas baseadas nos Modelos de Opções de Preços utilizados pelo mercado financeiro desde meados da década de 1970 quando Myron Scholes, Robert Merton e Fisher Black demonstraram sua aplicabilidade o que rendeu o prêmio Nobel de economia em 1997 e deu origem à técnica ganhou o nome de **Teoria de Opções Reais**.

#### **4.5 O Modelo de Opções de Preços de Black, Scholes e Merton**

As opções existem há muitos anos. A bolsa de Amsterdã na Holanda já negociava contratos de opções de compra e venda muito semelhantes aos contratos de opção atuais. Outros importantes instrumentos financeiros são típicos contratos de opção com um seguro de um carro que dá ao segurado a opção de utilizar o valor segurado se houver a ocorrência de um sinistro. Brasil (2002)

“Uma opção representa um direito de seu detentor de comprar ou vender determinado ativo-objeto em certa data (ou até certa data), por um preço determinado. O agente que

lançou esta mesma opção tem a obrigação de vender ou comprar esse ativo, caso o primeiro queira. O lançador recebe um prêmio, correspondente ao valor em dinheiro para remunerar o risco assumido” Brasil (2002 p.130).

Há dois tipos de opção HULL (2005):

- a) Opções de compra (*call*): dão a seu detentor o direito de comprar uma quantidade predeterminada de um ativo por um preço especificado em contrato (preço de exercício) definido em (ou antes de) uma data de exercício estipulada (data de vencimento ou de maturidade da opção).
- b) Opções de venda (*put*): dão a seu detentor o direito de vender uma quantidade predeterminada de um ativo por um preço de exercício em (ou antes da) data de maturidade.
- c) Quanto à data de exercício, as opções podem ser classificadas em:
  - d) Opções Americanas: podem ser exercidas a qualquer momento até a data de vencimento.
  - e) Opções Européias: só podem ser exercidas na data de vencimento.
- f) O investidor pode assumir duas posições ao negociar opções:
  - g) Posição comprada (*long*): o investidor adquire uma opção, obtendo o direito, mas não a obrigação de exercê-la na (ou antes, da) data de vencimento.
  - h) Posição vendida (*short*): o investidor emite (vende) uma opção, recebendo uma quantia na venda, mas assume a obrigação potencial futura de comprar (ou vender) o ativo pelo preço de exercício, se o comprador desejar exercer a opção.

Os resultados financeiros das duas partes de um contrato de opção são diametralmente opostos. Se o comprador tem resultado positivo, o vendedor tem perdas e vice-versa.

A precificação de opções sempre foi um enorme desafio, até que Black e Scholes (1973) identificaram a possibilidade de construir um portfólio que gere o mesmo retorno que uma opção em qualquer estado, denominado portfólio equivalente. Se os retornos são os mesmos, o valor da opção deve ser igual ao valor do portfólio equivalente, que é conhecido.

Em 1973, Fischer Black e Myron Scholes, utilizando o conceito de portfólio equivalente, desenvolveram um modelo para precificação de opções européias sobre um ativo que não distribui dividendos. Nesse modelo, o preço da ação segue um processo estocástico denominado Movimento Browniano Geométrico. A equação de Black e Scholes é dada por Brasil (2004, p.164):

$$c = S \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$$

$$d_1 = [\ln(S/X) + (r + 0,5\sigma^2) \cdot T] / [\sigma \cdot T]^{0,5}$$

$$d_2 = d_1 - [\sigma \cdot T]^{0,5}$$

Onde

S = valor à vista do ativo objeto

X = preço de exercício da opção

r = taxa de juros anualizada (capitalização contínua)

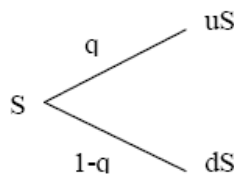
e = algarismo neperiano = 2,71828...

$\sigma$  = desvio padrão anual da taxa contínua de retorno do ativo-objeto

T = tempo em anos até o vencimento da opção

$N(d)$  = probabilidade de uma variável aleatória, de distribuição normal padronizada, ser menor ou igual a d

Posteriormente, em 1979, Cox, Ross e Rubinstein (1979) desenvolveram um modelo onde o processo estocástico de tempo contínuo (Movimento Browniano Geométrico) é substituído por um de tempo discreto, o processo binomial multiplicativo ou caminho aleatório (*random walk*), que, no limite, quando o número de intervalos tende ao infinito, aproxima-se da solução dada pela equação de Black & Scholes. Esse modelo é denominado Árvore Binomial. De acordo com o caminho aleatório, o preço do ativo (S) pode aumentar, sendo multiplicado por um fator u, para uS, com probabilidade q ou reduzir para dS, com probabilidade 1-q. Esse movimento pode ser representado graficamente por:



Os fatores u e d representam a taxa logarítmica (ou continuamente composta) de retorno do ativo, sendo  $d = 1/u$ . Para evitar arbitragem sem risco,  $u > 1 + r > d$ . Para que haja convergência, no limite, quando n tende ao infinito, entre o processo binomial discreto e o Movimento Browniano, os parâmetros u e d devem ser, Trigeorgis (1996):

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

Onde:

$\sigma$  : desvio-padrão instantâneo do retorno do ativo,

$\Delta t$  : incremento de tempo.

Substituindo u e d nas equações de cálculo do número de ações e do valor de empréstimo do portfólio equivalente, tem-se:

$$N = \frac{C^+ - C^-}{S^+ - S^-} = \frac{C^+ - C^-}{uS - dS} = \frac{C^+ - C^-}{(u - d)S}$$

$$B = \frac{S^-C^+ - S^+C^-}{(S^+ - S^-)(1+r)} = \frac{dSC^+ - uSC^-}{(uS - dS)(1+r)} = \frac{dC^+ - uC^-}{(u - d)(1+r)}$$

A probabilidade neutra ao risco, p, é dada por:

$$p = \frac{(1+r) - d}{u - d}$$

O valor da opção é dado por:

$$C = \frac{pC^+ + (1-p)C^-}{1+r}$$

Estendendo-se o modelo de um período para múltiplos períodos (n), temos a fórmula geral multiplicativa binomial de precificação de opções Cox et al. (1979).

$$C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \max(u^j d^{n-j} S - E, 0)}{(1+r)^n}$$

Segundo Trigeorgis (1996), a primeira parte da equação é a fórmula da distribuição binomial, que fornece a probabilidade do preço do ativo dar j saltos para cima em n passos, com probabilidade neutra ao risco p. O termo de maximização da equação fornece o valor da opção na data de expiração condicionada à ocorrência de j saltos para cima segundo o fator u e n-j movimentos descendentes de acordo com o fator d.

O somatório de todos os possíveis valores da opção na data de vencimento multiplicados pela probabilidade de ocorrência nos dá o valor na data final, que é descontado à taxa livre de risco por n períodos.

#### 4.6 Analogia entre o Modelo de Opções de Preços e as Opções Reais

A Teoria de Opções Reais - TOR consiste na aplicação dos conceitos e técnicas utilizados pelo Modelo de Opções de Preços - MOP para avaliar investimentos em ativos reais como projetos e empresas. Traçando um paralelo entre o investimento em um projeto e uma opção

financeira, pode-se dizer que o projeto corresponde a uma opção de compra cujo preço de exercício é o investimento necessário para realizá-lo, Luehrman (1998a). O Quadro 4.2 a seguir apresenta um paralelo entre opções financeiras e opções reais.

Variável	Modelo de Opções de Black Scholes	Variável	Oportunidade de Investimento - Opções Reais
<b>X</b>	Preço de Exercício - valor pago pela compra das ações	<b>I</b>	Preço pago para compra dos ativos operacionais (CAPEX em VP)
<b>S</b>	Valor da Ação	<b>V</b>	Valor dos ativos operacionais (receitas líquida no VP)
<b>t</b>	Prazo para término da Opção de Compra	<b>t</b>	Prazo máximo em que a decisão de investimento pode ser postergada (Opção de Compra Européia)
<b><math>\sigma^2</math></b>	Variância do retorno da ação	<b><math>\sigma^2</math></b>	Risco do Projeto
<b><math>r_f</math></b>	Taxa de Juros Livre de Risco - Taxa do Bônus do Tesouro Americano	<b><math>r_f</math></b>	Valor do tempo de diferimento (aplicação do CAPEX a taxa livre de risco)

**Quadro 4.2 Comparação das Variáveis do MOP e as Opções Reais**

Adaptado de LUHERMAN, 1998a

A flexibilidade gerencial permite tomar ações em resposta a mudanças de mercado ou a iniciativas de concorrentes. Podem-se aproveitar condições ambientais favoráveis e elevar o valor presente dos fluxos de caixa esperados do projeto, por meio de uma expansão, por exemplo. Em condições desfavoráveis, podem-se limitar possíveis perdas tomando ações como a redução de escala, a interrupção ou o abandono do projeto. Essa flexibilidade gerencial, que se assemelha a uma opção financeira, introduz uma assimetria na distribuição de probabilidades do valor presente líquido (VPL) de um empreendimento. Desta forma, pode-se dizer que um projeto possui um valor expandido que corresponde à soma do valor da opção a seu VPL estático, Trigeorgis e Mason (2001).

$$VPL_{\text{expandido}} = VPL_{\text{estático}} + VPL_{\text{da opção}}$$

O valor da opção será tão maior quando maiores foram as possibilidades dos gestores e tomadores de decisão de agirem (flexibilidade alta) e maior for a volatilidade dos ganhos

futuros (incerteza). A combinação destas duas dimensões é o valor da opção em um ativo real conforme a figura 4.1

F l e x G i b r i e l i n c i d i a a d l	A l t a	Valor da Opção Médio	Valor da Opção Alto
	B a i x a	Valor da Opção Baixo	Valor da Opção Médio
		Baixa	Alta
		Incerteza sobre os Fluxos de Caixa Futuros Volatilidade	

**Fig 4.1 Valor da Opção diante da flexibilidade e da incerteza**

Baseado em Copeland e Antikarov (2002)

De acordo com a figura 4.1 acima, a MOP/TOR e o FCD devem ser vistos como ferramentas complementares de auxílio à tomada de decisão. A análise de fluxo de caixa descontado sendo utilizada em condições de baixa incerteza e pouca flexibilidade gerencial e a MOP/TOR em situações de grande volatilidade e onde há possibilidade de ações contingentes por parte da gerência Miller e Park (2002).

Além da questão da flexibilidade gerencial aliada à incerteza, há outros fatores que podem auxiliar na decisão da utilização da MOP/TOR: quando há decisões de investimento contingentes, quando vale a pena esperar por novas informações para não incorrer em investimentos irreversíveis, quando o valor parece estar mais relacionado a opções futuras de crescimento do que ao fluxo de caixa imediato do investimento, quando é possível realizar correções de rumo durante a evolução do empreendimento Amran e Kulatilaka (1999b).

#### 4.6.1 Classificação dos Riscos em Opções de Investimento

Os riscos a que um projeto de investimento está sujeito podem ser classificados em riscos de mercado e riscos privados. **Riscos de mercado** são aqueles que estão refletidos no valor de um instrumento financeiro negociado no mercado: por exemplo, o preço de commodities. **Riscos privados** são aqueles próprios do investimento em análise, como, por exemplo, o risco em um projeto de mineração em que a reserva mineral pode ser menor ou de os custos de exploração serem superiores ao previsto. Amram e Kulatilaka (2000) consideram que a Análise de Opções Reais só é aplicável quando os riscos de mercado são preponderantes em relação aos riscos privados, pois nesse caso é possível replicar o portfólio. Essa hipótese

restringe a aplicação do MOP/TOR, mas os autores argumentam que o mercado financeiro está cada vez mais abrangente, incorporando novos tipos de risco e ampliando o seu campo de aplicação. Outros autores, como Copeland e Antikarov (2002) relaxaram essa restrição ao assumirem que o projeto sem flexibilidade pode ser utilizado como ativo subjacente da opção. Pode-se considerar que os resultados obtidos pela análise de FCD seriam iguais aos gerados pela MOP/TOR quando o projeto não apresenta opções. Por isso, a MOP/TOR é um instrumento superior, pois permite avaliar uma gama muito mais variada de projetos. A MOP/TOR quebra um paradigma da análise financeira ao fazer com que a incerteza seja vista como um fator positivo, que pode ser explorado para geração de ganhos significativos. Além disso, a metodologia força o analista a identificar as opções (flexibilidade gerencial) existentes em um projeto e auxilia na criação de um roteiro de ações futuras, reforçando o conceito de gerenciamento continuado do projeto Trigeorgis (1996).

#### **4.6.2 Limitações da Analogia**

A analogia entre opções reais e opções financeiras permite estimar o valor daquelas, utilizando técnicas de precificação de opções financeiras. Entretanto, há algumas propriedades das opções financeiras que não são observadas no caso de opções reais. Ao analisar os resultados gerados pela MOP/TOR, deve-se levar em conta a existência dessas limitações. Miller e Park (2002) apresentaram uma análise dessas diferenças.

- a) **Processos estocásticos:** na análise de opções financeiras que têm como ativo-objeto uma ação, o retorno da ação é modelado como um MBG. O retorno de ativos reais pode apresentar comportamento mais complexo, exigindo a adoção de processos estocásticos alternativos.
- b) **Ativo-objeto:** uma das premissas da precificação de opções financeiras é a possibilidade de negociar o ativo-objeto em um mercado eficiente. Entretanto a maioria dos ativos reais não é negociada constantemente<sup>18</sup>, assim algumas premissas adicionais são utilizadas para permitir o uso da técnica para avaliar opções reais. Trigerogis propõe utilizar um ativo financeiro gêmeo (twin security) altamente correlacionado no cálculo do valor da opção e considerar esse fato ao interpretar os resultados. Na prática, o ativo gêmeo é utilizado em três situações: na análise de empreendimentos envolvendo recursos naturais devido à existência do mercado futuro; na avaliação de uma área de negócio quando há uma

---

<sup>18</sup> A teoria do mercado eficiente afirma que todos os agentes financeiros têm o mesmo conjunto de informações disponível ao mesmo tempo, ou seja, as informações e expectativas se refletem corretamente e imediatamente nos preços dos ativos.



empresa do mesmo setor com ações negociadas em bolsa; quando o projeto contribui significativamente para o valor de mercado da empresa e, assim, pode-se utilizar a ação da própria empresa como ativo financeiro gêmeo. Quando essas condições não são atendidas, devem-se adotar duas outras premissas. Mason e Merton presumem que o valor do ativo deve ser tratado como se fosse negociado no mercado. Como o ativo real contribui para o valor de uma empresa com ações no mercado, o ativo pode ser tratado como se fosse ele mesmo negociado. Assim, o valor do ativo real pode ser usado como ativo financeiro gêmeo. Copeland e Antikarov afirmam que o valor do ativo real é perfeitamente correlacionado com ele mesmo e, por isso, é a melhor estimativa não tendenciosa do valor de mercado do ativo real se este fosse negociado. Assim, o valor do ativo real (projeto sem flexibilidade) pode ser usado como ativo-objeto. Miller e Park (2002).

- c) **Risco e taxa de desconto:** na precificação de opções financeiras, parte-se da premissa de que é possível criar um portfólio equivalente que funciona como hedge do valor da opção. Assim, pode-se utilizar a taxa livre de risco como taxa de desconto. Como o ativo real não é negociado, essa premissa é prejudicada. Hull e White (apud MILLER; PARK, 2002) argumentam que, se o ativo não é negociado, deve-se adicionar um prêmio de risco (relacionado à volatilidade do ativo e ao preço de mercado do risco) à taxa de desconto. Segundo a teoria financeira, riscos privados podem ser eliminados pela adoção de um portfólio diversificado. Entretanto, na análise de opções reais, quando os riscos privados são significativos, a utilização da taxa de desconto livre de risco superestima o valor do empreendimento. Assim, a parte privada do risco deve ser descontada a uma taxa maior.
- d) **Volatilidade:** muitos ativos reais não possuem informações sobre seu retorno histórico, inviabilizando uma medida direta da volatilidade Damodaran (2001, p.18). As alternativas utilizadas são a utilização de dados do ativo financeiro gêmeo, a geração de uma estimativa de volatilidade do projeto em análise por meio de Simulação de Monte Carlo, equações que estimam a volatilidade do retorno do projeto a partir de dados da volatilidade do preço do produto.
- e) **Preço e data de exercício:** em opções financeiras, o preço de exercício corresponde a uma única parcela fixa, a ser desembolsada de imediato. Em opções reais, o preço de exercício pode corresponder a vários desembolsos ao longo do tempo. Além disso, o valor investido pode estar sujeito a incertezas técnicas e de mercado. A data de exercício de opções reais pode não ser conhecida com antecedência, pode ser dependente do exercício de outra opção real ou da resolução de riscos privados ou de mercado.

f) **Dividendos:** em opções financeiras, o dividendo pago é conhecido com antecedência ou pode ser modelado como um pagamento contínuo ao longo da vida da opção. No caso de opções reais, a quantidade e o momento de distribuição de dividendos (geração de fluxos de caixa positivos) podem ser desconhecidos ou dependentes de riscos privados e de mercado.

Essas diferenças são limitações à analogia entre opções reais e financeiras, mas não inviabilizam o uso das metodologias, se levarmos em conta que o objetivo é ter um instrumento financeiro mais completo de auxílio à tomada de decisão e não precificar opções com precisão como foi planejado por Black e Scholes

#### 4.7 Tipos de Opções Reais

Ao avaliar um investimento, é necessário traduzir as flexibilidades gerenciais existentes em termos da terminologia de opções financeiras. Deve-se selecionar o tipo de opção financeira (call, put, americana, européia) e as variáveis utilizadas na precificação de opções (ativo-objeto, preço de exercício, tempo de maturidade, volatilidade, etc) devem ser identificadas e quantificadas. A literatura apresenta uma relação extensa de aplicações de opções reais e analogias com as opções financeiras. Os tipos mais comuns, segundo Trigeorgis (1996) estão no Quadro 4.3:

Tipo	Descrição	Utilização	Analogia com Opções Financeiras
<b>Diferimento ou Postergação</b>	Posse de terrenos ou recursos naturais em é possível aguardar melhores condições do mercado	Mineração e Imobiliário	Tipo de Opção: compra Ativo objeto: VPL (S) Preço do Exercício: valor do Investimento (I) Ganho: Max (S,I)
<b>Investimento em Estágios</b>	Os investimentos são realizados em etapas condicionadas as informações recebidas	Empresas de Base tecnológica (EBT) Pesquisa Geológica	Tipo de Opção: composta Ativo objeto: VPL (S) Preço do Exercício: valor do Investimento (I) Ganho: Max (S -I,0)
<b>Alteração de Escala</b>	Expansão, contração, fechamento ou abandono no caso do aumento ou redução do preço da commodity	Mineração, Investimentos em indústrias cíclicas (bebidas) imobiliário	Tipo de Opção: Compra para adquirir capacidade ou manter a empresa em operação Venda para reduzir a capacidade
<b>Abandono</b>	Abandonar o empreendimento vendendo os ativos restantes no mercado	Indústrias de capital intensivo: mineração, siderurgia, aéreas, ferroviárias ou nos casos da introdução de novos produtos	Tipo de Opção: venda americana Ativo objeto: Valor do projeto (S) Preço do Exercício: valor de revenda (A) Ganho: Max (I,A)
<b>Substituição</b>	Possibilidade de alterar o mix de produtos em função da variação de demanda.	Empresas industriais com alta flexibilidade (eletrônicos, brinquedos) ou indústrias que tem insumos alternativos.	Tipo de Opção: portfólio de compra e venda Ativo objeto: Valor adicional gerado pela alteração (S) Preço do Exercício: custo da alteração (I) Ganho: Max (I,A)
<b>Crescimento</b>	Investimentos em P&D, compra de patentes ou direitos de pesquisa geológica abre a possibilidade de gerar um projeto muito maior	EBTs, Mineração, Óleo e Gás, Fusões e Aquisições	O investimento inicial (I) pode ser analisado como opção de crescimento para os ativos atuais.
<b>Interações Múltiplas</b>	Combinação do resultado de vários ativos.	Quase todas as indústrias tem casos deste tipo	Opção composta

**Quadro 4.3 Tipos de Opções e Ativos Reais**

Adaptado de Trigeorgis (1996)

#### 4.8 Métodos para solução de Opções de Preços e Opções Reais

Os métodos de solução de problemas de opções reais podem ser subdivididos em três tipos: equações diferenciais parciais - EDP, programação dinâmica e simulação. Para cada método, há uma ou mais técnicas matemáticas correspondentes. As mais comuns são apresentadas no Quadro 4.4, Amran e Kulatilaka (1999b).

Método de Solução	Técnicas Matemáticas
Equações Diferenciais Parciais	Soluções Analíticas
	Diferenças Finitas
Programação Dinâmica	Árvores Multinomiais
Simulação	Monte Carlo

**Quadro 4.4 Métodos de Solução da MOP e TOR**

O método de solução a partir de equações diferenciais parciais (EDP) consiste em expressar o valor da opção segundo uma equação diferencial parcial sujeita a condições de contorno. A EDP é uma equação matemática que relaciona a variação do valor da opção à variações observáveis no mercado de títulos financeiros. As condições de contorno fornecem o valor da opção em pontos extremos, como na data de maturidade, no limite superior e no limite inferior. Observadas premissas restritivas, alguns modelos podem ser calculados por meio de soluções analíticas. Entretanto, modelos mais complexos são solucionados por meio da técnica de diferenças finitas. Essa técnica consiste em aproximar a EDP por meio de um conjunto de equações de diferença, válidas para pequenos intervalos. Essas equações são solucionadas na data de maturidade da opção e, por meio de um processo recursivo, são obtidas soluções para os períodos anteriores, até o momento inicial.

Nos métodos de programação dinâmica, os valores que o ativo-objeto pode alcançar durante a vida da opção e suas probabilidades (neutras ao risco) são gerados, formando um reticulado (lattice). O *payoff* da opção é calculado na data de maturidade e, de maneira recursiva, a cada intervalo de tempo, o exercício antecipado da opção é comparado com o valor presente de manutenção da opção em aberto. O procedimento é repetido até se chegar ao tempo inicial.

Nos modelos de simulação, utilizando-se a equação de um processo estocástico que descreve o comportamento do valor do ativo-objeto e um gerador de números aleatórios, criam-se inúmeras trajetórias de evolução do ativo-objeto do momento presente até a data de

maturidade da opção. A solução ótima é obtida no final de cada trajetória e o payoff calculado. O valor da opção é obtido tomando-se a média aritmética dos payoffs e descontando à taxa livre de risco para obter o valor presente da opção.

Conhecendo-se as características de cada técnica, suas vantagens e desvantagens apresentadas no Quadro 4.5, pode-se selecionar a mais adequada ao problema e ser resolvido.

Técnica	Vantagens	Desvantagens
<b>Soluções Analíticas</b>	- Forma mais simples para obter o valor da opção	- Premissas muito restritivas - Pouca semelhança com os casos reais
<b>Diferenças Finitas</b>	- Permite a análise diante de valores iniciais - Maior precisão matemática	- Não intuitiva - Complexidade aumenta rapidamente com o número de incertezas
<b>Árvores Multinomiais</b>	- Trata características do ativo-objeto e da opção de forma clara e objetiva - Permite visualizar os valores intermediários do ativo-objeto e da opção - Flexível permitindo incorporar relacionamentos e estruturas complexos do ativo-alvo e das opções - Fácil de implementar em planilhas de cálculo	- Considera apenas um valor inicial para o ativo-objeto - Não permite trabalhar com várias fontes de incerteza
<b>Simulação de Monte Carlo</b>	- Permite construir modelos de relacionamentos complexos entre o valor da opção e o ativo-objeto - Ideal para casos com várias fontes de incertezas e processos estocásticos complexos - Pode ser usado na solução de opções dependentes da trajetória do ativo-objeto	- Não muito adequado para opções do tipo americano, opções aninhadas (nested) ou sequências de opções (compound)

#### Quadro 4.5 Comparação dos métodos de solução do MOP e TOR

Selecionamos o método de Simulação de Monte Carlo, por se tratar da solução mais adequada quando o projeto em análise apresenta número elevado de variáveis com comportamento estocástico. Ver item 4.9 sobre preços de commodities.

##### 4.8.1 Simulação de Monte Carlo

Na Simulação de Monte Carlo, o processo estocástico de tempo contínuo de cada variável aleatória é aproximado por um processo de tempo discreto. O tempo até a maturidade da opção é dividido em N intervalos de mesmo tamanho  $K = Dt = T/N$ . A cada intervalo de tempo, é gerado um número aleatório, que é substituído na equação do processo, gerando o valor simulado da variável estocástica. Assim, a cada rodada de simulação, é gerada uma trajetória, é obtido o valor terminal da variável estocástica (ST) e o valor da opção na data de maturidade é calculado, Trigeorgis (1996). Ao final da simulação, tem-se inúmeras trajetórias da variável estocástica, formando uma distribuição de valores terminais.

Como os parâmetros do processo estocástico são obtidos em condições de certeza equivalente, o valor da opção é calculado tirando-se a média aritmética dos payoffs simulados e trazendo a valor presente, descontando à taxa livre de risco Boyle (1977).

$$F = e^{-rt} \hat{E}(F_T)$$

Onde:

$\hat{E}(F_T)$  = valor esperado da opção obtido na simulação neutra ao risco.

r = taxa de juros anualizada (capitalização contínua)

e = algarismo neperiano = 2,71828...

A precisão dos resultados dependerá do número de trajetórias e valores terminais do ativo-objeto gerados. O desvio-padrão da estimativa de valor da opção (F) é dado por  $s \div \sqrt{n}$ , onde s é o desvio-padrão dos valores da opção estimado a partir das rodadas de simulação, assim um grande número de rodadas de simulação é necessário para obter uma precisão razoável, Boyle (1977).

Enquanto as opções européias têm uma data fixa de exercício, as opções americanas podem ser exercidas a qualquer momento até sua expiração. No caso de opções européias, basta obter o *payoff* da opção na data de maturidade e trazer a valor presente. Para opções americanas, o procedimento é bem mais complexo. É necessário identificar a regra ótima de exercício para, em seguida, obter o valor do *payoff* descontado. Essa característica faz com que os métodos de Árvores Multinomiais e Diferenças Finitas, que partem da data de maturidade da opção e, por meio de um procedimento recursivo, vão obtendo os valores em períodos anteriores até o tempo inicial, sejam os mais indicados para avaliar opções americanas. Entretanto, esses métodos não comportam a análise de problemas com múltiplas variáveis de estado. A Simulação de Monte Carlo, por adotar um procedimento que parte do valor inicial para simular os valores dos períodos seguintes, não se mostrou, inicialmente, adequada à análise de opções americanas. A necessidade de aproveitar a flexibilidade e a capacidade de incorporar várias fontes de incerteza da Simulação de Monte Carlo na análise de opções americanas fez com que, a partir da década de 90, surgissem vários métodos que contornavam essa limitação da técnica, Glasserman (2004).

#### **4.9 Modelagem de preços de commodities**

O Movimento Browniano Geométrico é o processo estocástico de utilização mais difundido na avaliação de opções financeiras e reais. A equação de Black & Scholes (1973), utilizada na

precificação de opções financeiras européias, parte do pressuposto de que o preço da ação segue o MBG. Segundo Trigeorgis (1996), a suposição de que o preço da ação segue um processo de Markov<sup>19</sup>, isto é, de que para prever o futuro do preço da ação basta conhecer o preço atual, não importando os preços anteriores, é consistente com a forma fraca da hipótese de eficiência de mercados (*weak form of the efficient-markets hypothesis*). O método numérico mais empregado na precificação de opções financeiras ou reais, européias ou americanas, a Árvore Binomial desenvolvida por Cox, Ross & Rubinstein (1979), também pressupõe que o valor do ativo-objeto segue o MBG. Na avaliação de empreendimentos relacionados a commodities, há inúmeros estudos que utilizam o MBG. Esse é o caso do estudo das opções de abertura, fechamento e abandono de uma mina de cobre realizado por Brennan e Schwartz (1985), um dos mais citados na literatura.

Entretanto, segundo Dixit e Pindyck (1994), o MBG tende a se distanciar significativamente do seu valor inicial, o que pode ser realista no caso de ativos especulativos, como preços de ações, mas não no caso de commodities, onde o preço tenderia, no longo prazo, a se aproximar dos custos marginais de produção. Esse comportamento é mais bem modelado por um Processo de Reversão à Média - PRM. Entretanto, é difícil estatisticamente comprovar que determinada variável se comporta segundo o PRM e rejeitar a hipótese do comportamento segundo o MBG. De acordo com Dixit e Pindyck (1994), testes para verificar se determinada variável econômica segue ou não um PRM demanda séries históricas muito longas. Testes realizados com dados de 120 anos indicam que os preços de petróleo e cobre se comportam como PRM com velocidades de reversão muito lentas. Entretanto, testes com dados de 30 a 40 anos não permitem chegar a essa conclusão. Portanto, os autores consideram que o analista deve se basear em conceitos teóricos de comportamento de preços, como os mecanismos de oferta e demanda, no lugar de testes estatísticos. Dias (2005) afirma que o MBG pode ser inadequado quando o preço à vista da commodity está muito distante do nível de equilíbrio de longo prazo, sendo preferível, nessas condições, utilizar o PRM.

O estudo de Schwartz (1997) sobre o comportamento estocástico de preços de commodities (cobre, petróleo e ouro) indicou que há uma forte reversão à média nos preços das commodities comerciais, mas não no preço do ouro. Schwartz utiliza o seguinte argumento a favor do uso do PRM: “em condições de equilíbrio, espera-se que, quando os preços estão relativamente altos, a oferta aumente, pois produtores de custo mais elevado da commodity irão entrar no mercado ocasionando uma pressão de redução dos preços. Inversamente,

---

<sup>19</sup> Andrei Andreyevich Markov matemático russo que viveu entre 1856 e 1922.

quando os preços estão relativamente baixos, a oferta irá cair, pois os produtos de alto custo irão sair do mercado, gerando uma pressão por alta nos preços. O impacto dos preços relativos na oferta da commodity vai induzir à reversão à média de seu preço”. Nesse estudo, Schwartz compara 3 modelos: no primeiro modelo, o logaritmo do preço da commodity segue um Processo de Reversão à Média simples; o segundo modelo considera dois fatores estocásticos seguindo o PRM: o preço e a taxa de conveniência (*convenience yield*); o terceiro modelo inclui um terceiro fator estocástico que também segue o PRM: a taxa de juros instantânea. Segundo Schwartz, os dois últimos modelos são mais adequados para prever o comportamento de preços de commodities.

As commodities comerciais (zinco, cobre, petróleo) têm um comportamento que pode ser modelado pelo PRM, entretanto o MBG é mais adequado para a modelagem do preço de metais utilizados como ativos financeiros (como o ouro). Sabour e Poulin (2006), ao aplicarem o método de Simulação de Monte Carlo com Mínimos Quadrados (*Least-Squares Monte Carlo Method*) para avaliar o valor da flexibilidade operacional de uma mina polimetálica, adotaram o MBG para modelar os preços de ouro, prata e paládio e o PRM para níquel, cobre, cobalto e platina.

#### **4.10 Espaço de Opções**

Em mercados competitivos, não é possível formular uma estratégia de longo prazo e segui-la cegamente. Na medida em que se progride na implementação da estratégia, aprende-se sobre as condições do negócio, ações dos concorrentes, qualidade dos planos e deve-se responder com flexibilidade ao aprendizado. Neste contexto, deve-se evitar estratégias que restringem o campo de ação dos gerentes. A boa estratégia é aquela que define diretrizes gerais nas quais as decisões futuras se basearão, deixando espaço para a flexibilidade e o aprendizado. Em termos financeiros, esse tipo de estratégia pode ser visualizado como uma série de opções, ao invés de uma série de fluxos de caixa estáticos. O estrategista, observando as diretrizes gerais, deve ser capaz de acompanhar ativamente o desenvolvimento das oportunidades de investimento (opções reais), buscar meios de influenciar o valor das opções em aberto e exercê-las no timing correto, Luehrman (1998b).

Para auxiliar a tomada de decisões em relação às oportunidades de investimento, Luehrman (1998b) propõe posicionar as opções reais em um diagrama denominado Espaço de Opções. O diagrama baseia-se em duas métricas: o NPVq (ou relação valor-custo), que incorpora ao valor presente líquido tradicional (VPL) o acréscimo de valor devido à possibilidade de

deferimento do projeto; e a volatilidade, que é uma medida do risco relacionado ao valor futuro do ativo. O valor da opção cresce com o aumento das duas variáveis.

Matematicamente, as duas métricas são dadas por Luehrman (1998a):

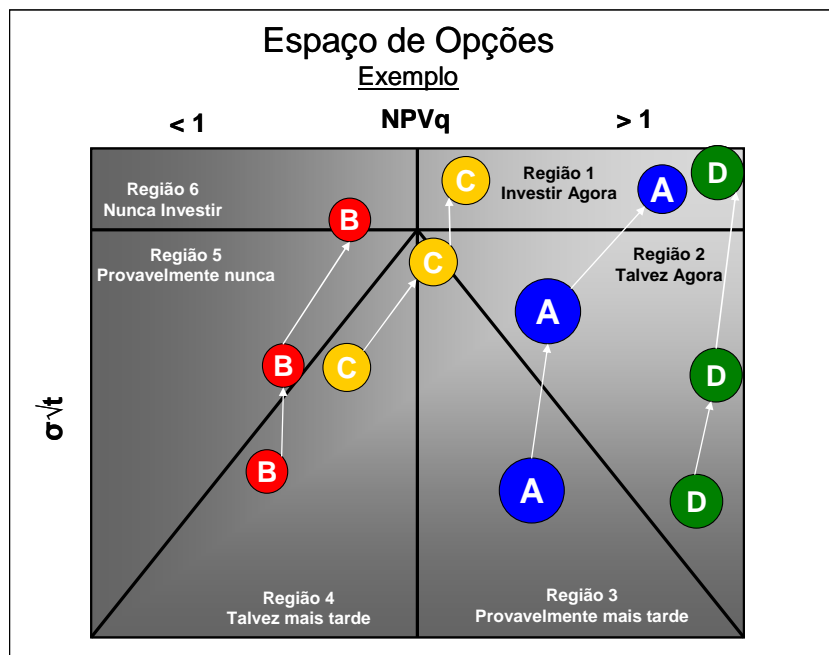
$$NPVq = S \div PV(X)$$

$$\text{Volatilidade} = \sigma \sqrt{t}$$

Onde:

- S: valor presente dos fluxos de caixa do projeto
- PV(X): valor presente do preço de exercício (investimento):  $PV(X) = X \div (1+r_f)^t$ 
  - $r_f$ : taxa livre de risco
  - $\sigma$ : desvio-padrão do retorno do projeto
  - t: tempo para a expiração da opção

Os projetos são representados por círculos posicionados dentro do diagrama. O tamanho do círculo representa o valor do ativo-objeto (S) e a cor do círculo o preço de exercício (X). Projetos em que S maior que X são apresentados através de círculos com cores favoráveis (azul e verde). A evolução de cada projeto ao longo do tempo é representada pela ligação entre o status do projeto em cada fase. Diferentemente da análise de VPL, onde há apenas duas decisões possíveis, investir ou não investir, o espaço de opções é dividido em 6 regiões, como pode ser observado na figura a seguir, e cada uma dessas regiões enseja uma ação diferente.



**Fig. 4.2 – Espaço de Opções proposto por Luehrman**



No alto do diagrama, está a região de baixa volatilidade. A baixa volatilidade pode estar relacionada à baixa incerteza dos fluxos de caixa ou, o que é mais frequente, ao escasso tempo para que a opção se expire. A decisão, nesse caso, é investir imediatamente, quando  $NPVq$  é maior que 1 ou nunca investir se  $NPVq$  for menor que 1. À direita do diagrama e abaixo da região de baixa volatilidade, estão os projetos com  $NPVq$  maior do que 1, mas que ainda podem ser postergados. A linha diagonal separa os projetos com  $VPL > 0$ , situados na região 2, e os projetos com  $VPL < 0$ , situados na região 3. Os projetos da região 2, se exercidos imediatamente, geram resultado positivo, mas há um valor adicional devido à opção de deferimento. Os projetos da região 3, mesmo que apresentem  $VPL$  negativo, são promissores, mas ainda não podem ser implementados. Deve-se aguardar a chegada de novas informações para decidir sobre seu exercício.

O lado esquerdo do diagrama contém os projetos menos promissores, cuja relação valor-custo é menor que 1. Os projetos da região 5 têm baixa probabilidade de serem exercidos porque a incerteza é baixa, logo a chance de uma reversão de valor é pequena. Na região 4, por outro lado, apesar de serem projetos de  $VPL$  negativo, a elevada incerteza pode fazer com que, no futuro, as condições do ambiente se alterem positivamente, tornando-os interessantes. Com o tempo, as opções tendem a subir no diagrama, devido à redução do tempo para a expiração da opção ou devido à redução da volatilidade, e caminhar para a esquerda, por causa da redução do valor de deferimento, que faz parte do cálculo do  $NPVq$ . O tomador de decisão deve agir no sentido inverso, buscando preservar ou aumentar o valor das opções. As ações que podem ser tomadas para melhorar o  $NPVq$  são as tradicionais, que visam melhorar os fluxos de caixa futuros do projeto ou reduzir o investimento inicial. A busca da melhoria do valor da opção por meio do aumento da volatilidade leva a ações mais inusitadas, como a substituição do equipamento original do projeto por outro mais caro, mas mais flexível ou a escolha de um projeto de custo fixo mais alto, que, a princípio, reduz o  $VPL$  do projeto, mas que fornece alternativas operacionais.

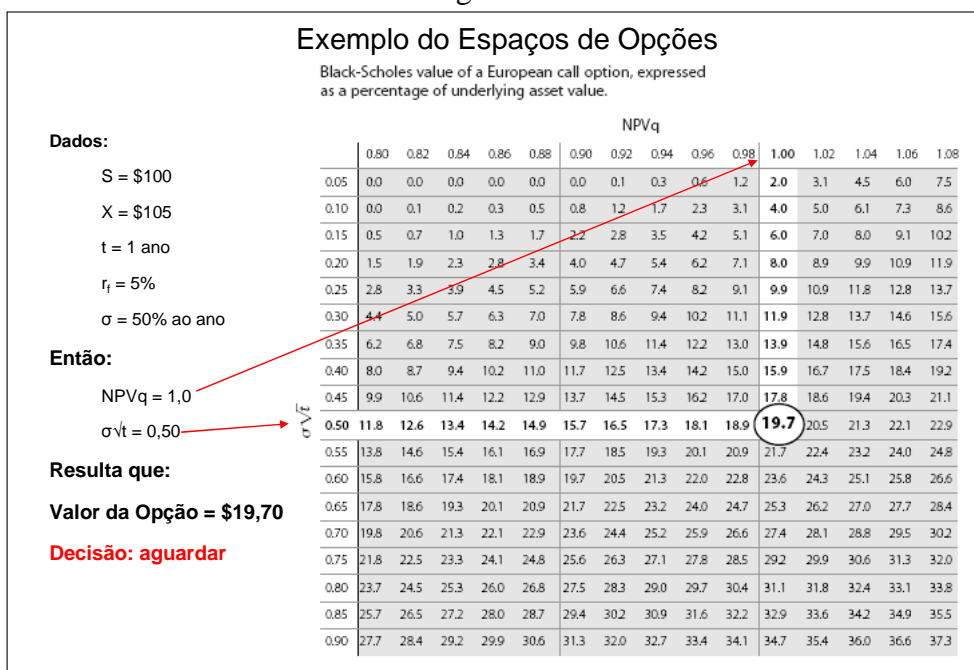
Segundo Luehrman (1998b), o diagrama ajuda os tomadores de decisão a imaginarem o efeito de variáveis externas e de ações gerenciais sobre as oportunidades de investimento, ao mesmo tempo em que assegura o alinhamento com o mercado financeiro, tornando as disciplinas de finanças e estratégia mais próximas.

Um exemplo de aplicação do Espaço de Opções de Luehrman é dado por uma empresa que tem um projeto cujo Valor Presente dos fluxos de caixa ( $S$ ) é igual a 100 e o Valor Presente do investimento no projeto  $PV(X)$  é de 105 o que resulta em um Valor Presente Líquido negativo de -5. Os dados do projeto mostram que existem oportunidades embutidas tais como

o aumento dos preços dos produtos vendidos, redução do investimento e redução dos custos operacionais o que resultaria no aumento de S e redução de PV(X). Esta situação é muito comum diante de números frios. Se as opções forem analisadas através da sua volatilidade, por exemplo, usando Simulação e Monte Carlo como sugere Luehrman (1998a), é possível estabelecer um valor para a volatilidade do projeto. Se houver tempo para adiar a decisão, é possível obter mais dados e melhorar a situação.

Neste exemplo havia ainda 1 ano para a decisão e estudos sobre as alternativas embutidas no projeto indicavam uma alta volatilidade com um desvio padrão do VPL igual a 50% ao ano. A taxa de desconto livre de risco é de 5% ao ano.

Estes dados mostram que naquele momento a empresa deve adiar a decisão e usar o tempo que lhe resta conforme mostrado na figura 4.3.

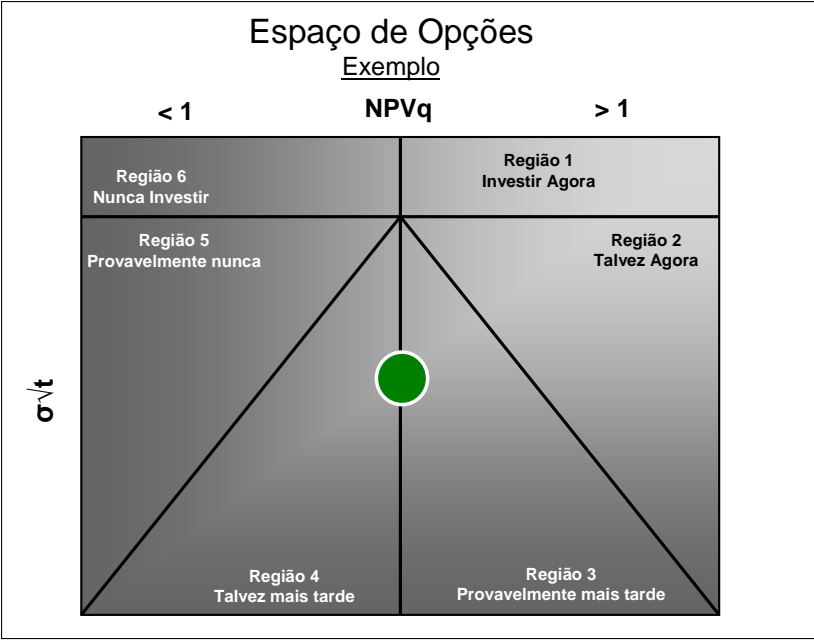


**Fig. 4.3 Exemplo de aplicação do Espaço de Opções**

Fonte: Luehrman (1998a)

Utilizando o Espaço de Opções, observamos que o projeto situa-se numa região em que, apesar do NPV<sub>tradicional</sub> negativo, o prazo que o projeto apresenta para que seja tomada a decisão torna o projeto mais valioso sugerindo que será melhor aguardar até que pelo prazo disponível até que novas informações melhorem a situação do projeto.

O Espaço de Opções com o Status do projeto é mostrado na figura 4.4.



**Fig. 4.4** Status do projeto exemplo no Espaço de Opções

## **5 PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE PESQUISA GEOLÓGICA**

### **5.1 Introdução**

As empresas, assim como um investidor em ações ou títulos, procuram manter o equilíbrio entre a lucratividade e geração de caixa no curto prazo e a possibilidade de crescimento e manutenção de seus negócios no longo prazo. É necessário que as empresas mantenham estratégias paralelas de forma a garantir os resultados de curto prazo enquanto desenvolve novas capacidades para o futuro Abell (1999).

O equilíbrio entre presente e futuro depende parcialmente da situação externa à empresa. Os projetos futuros adquirem importância durante períodos altamente voláteis enquanto nos períodos de maior estabilidade, os projetos de curto prazo ganham mais atenção, Smit e Trigeorgis (2006).

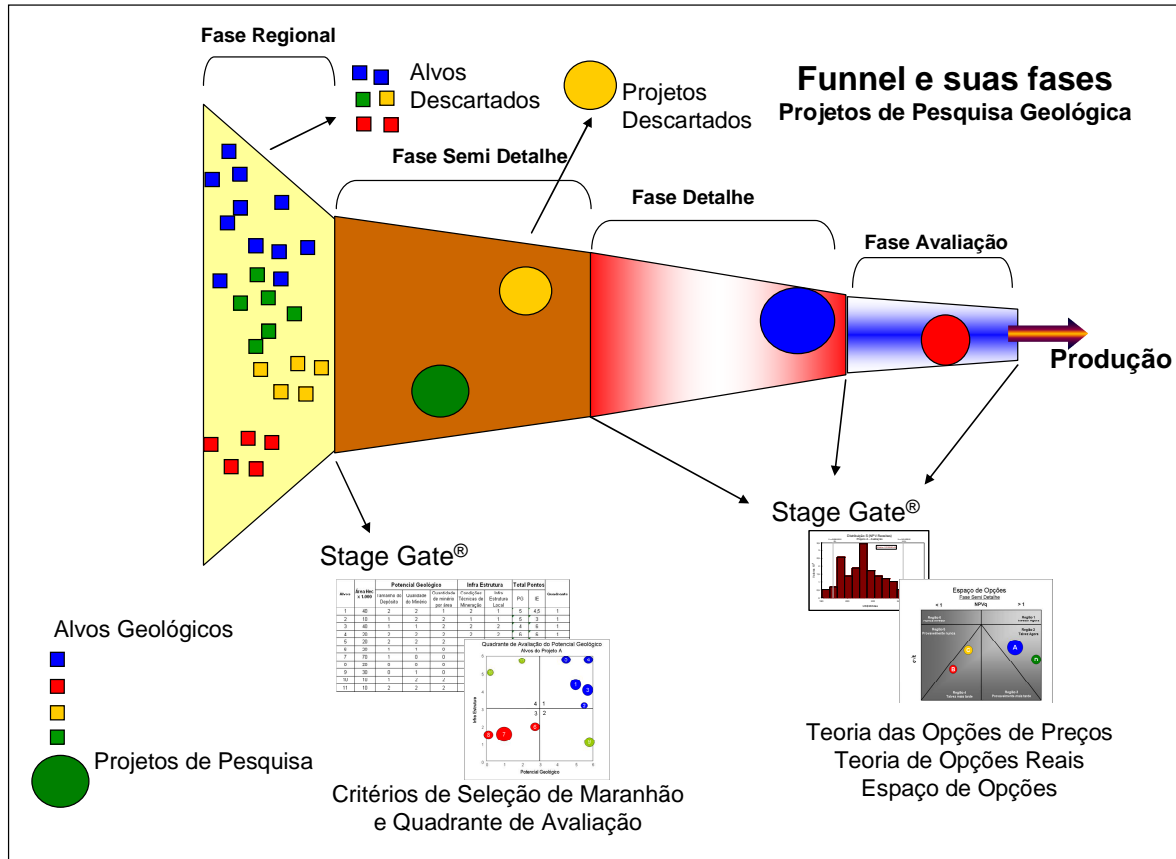
Diante destas afirmações as empresas devem manter uma gestão adequada de seu portfólio de projetos de P&D para garantir sua sustentação de curto, médio e longo prazo Cooper (1997a). Aplicando esta afirmação para as empresas de mineração, o paralelo com os projetos de P&D de Copper, são os projetos de pesquisa geológica.

O objetivo deste capítulo é propor um método para gestão do portfólio dos projetos de pesquisa geológica partindo dos conceitos usados na gestão de portfólio de desenvolvimento de novos produtos e da avaliação econômica de projetos a partir dos conceitos do Modelo de Opções de Preços (MOP) e da Teoria das Opções Reais (TOR).

Dos conceitos de gestão de portfólio de projetos de P&D usaremos a metodologia do Funnel combinada com o método dos Stage Gates<sup>®</sup> para acompanhar todos os projetos de forma individual e em conjunto mantendo padrões de decisão sobre priorização da alocação de recursos que sejam alinhadas com as estratégias de negócio da empresa. Para que as decisões sobre alocação de recursos nos projetos sejam consistentes com a visão econômica e ainda sejam capazes de lidar com as incertezas inerentes do mercado de commodities, usaremos nos Stage Gates<sup>®</sup> o Modelo de Opções de Preços onde cada projeto de pesquisa geológica será visto como uma opção de compra. Da Teoria de Opções Reais usaremos a Opções de Postergação da decisão (Diferimento) como método para definir o melhor momento para tomada da decisão.

Para tratar a incerteza nas fases de P&D, utilizaremos a simulação de Monte Carlo para estabelecer o desvio padrão do retorno econômico como função das variáveis estocásticas.

Como forma de resumir a proposta do método de gestão, combinamos todas as ferramentas em um único formato pictográfico com o objetivo de dar uma visão geral antes de entrarmos nos detalhes da proposta.



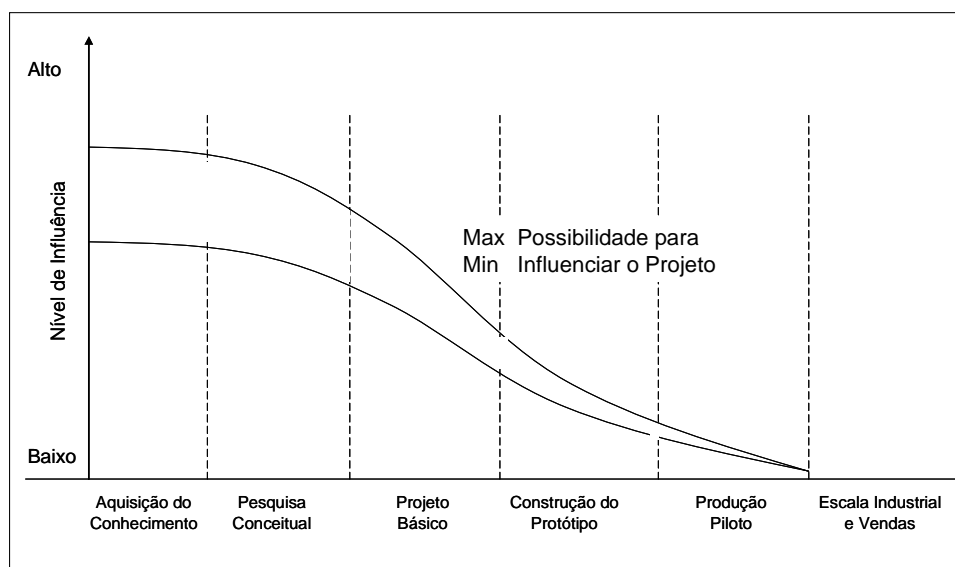
**Fig. 5.1 Visão Geral do Método Proposto para Gestão Integrada do Portfólio de Investimento em Pesquisa Geológica.**

## 5.2 Importância da gestão de projetos de pesquisa geológica.

Clark e Wheelwright (1993, p.88) observaram que a maior parte do esforço dos gerentes de alto nível durante a realização dos projetos de P&D acontece nas fases de implantação dos empreendimentos quando são realizados os principais gastos. Entretanto, as principais decisões que podem afetar o projeto já foram tomadas pois acontecem nas primeiras fases dos projetos de P&D. Este comportamento é justificado pelos gestores que consideram prioritário gerenciar as fases onde é aplicada a maior parte dos recursos financeiros de um projeto. Segundo Maranhão (1985) 98% dos gastos de um projeto mineral se referem a sua implantação o que justifica realizar plenamente os gastos com pesquisa geológica para fundamentar corretamente o investimento principal..

Entretanto, a partir de Clark e Wheelwright e suas observações sobre várias empresas e seus processos de P&D, justamente as fases iniciais dos projetos de P&D são aquelas que precisam

de maior atenção dos gestores, pois é quando é possível definir as bases do empreendimento e torná-lo bem sucedido. Este assunto foi tratado no Capítulo 3 item 3.2 onde apresentamos o gráfico que reflete a proposta de Clark e Wheelwright. Reapresentamos o gráfico com a recomendação.



**Fig. 5.2 Nível de Influência dos Gestores em cada fase do projeto de P&D**

Fonte: Clark e Wheelwright (1993)

### 5.3 O Funnel como Portfólio de Projetos de Pesquisa Geológica

O portfólio de pesquisas geológicas de uma empresa mineradora, assim como o portfólio de P&D de empresas de base tecnológicas EBTs seguem algumas características semelhantes o que possibilita o uso das técnicas de gerenciamento de desenvolvimento de novos produtos na gestão de pesquisa geológica. As características dos projetos de pesquisa geológica que se assemelham às técnicas consagradas de gestão de P&D são:

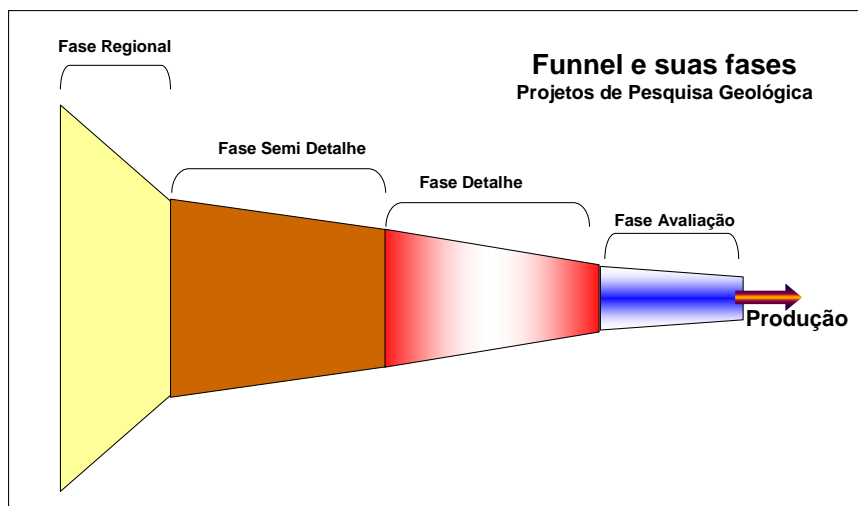
- Quanto ao número de projetos: vários projetos podendo variar de poucos projetos nas pequenas empresas até 150<sup>20</sup> em empresas de escala global;
- Quanto ao estágio dos projetos de um portfólio: eles estão distribuídos ao longo de todas as fases de pesquisa;
- Quanto ao número de estágios de um portfólio: pode variar de acordo com a complexidade do negócio da empresa. Nossa proposta seguirá o modelo de 4 fases proposto por Duchini (2006).

<sup>20</sup> Informação verbal obtida do geólogo Rogério Moreno, especialista em geo estatística e consultor de várias empresas entre elas a MSOL, Vale, Samarco, Yamana, Castillian, AngloGold e Anglo American.

- d) Quanto ao estágio de entrada: os projetos podem ser capturados pela empresa em diferentes estágios não havendo uma regra. Assim como patentes podem ser compradas com estágios de desenvolvimento do produto já realizados, um projeto de pesquisa mineral pode ser capturado, ou comprado, com estágios de pesquisa já realizados.

As empresas de mineração têm projetos de pesquisa geológica em diversas fases de evolução. Na medida em que um projeto de pesquisa evolui mostrando resultados positivos, ele é promovido para uma nova fase em que mais recursos serão aplicados. Estes recursos são priorizados em função da estratégia da empresa e da sua característica principal.

O portfólio de projetos de pesquisa mineral será representado em nosso método a partir do conceito de Funnel proposto, entre outros, por Clark e Wheelwright (1993, p.291-314). Nosso Funnel terá 4 fases conforme definido no Capítulo 2 sobre as fases da pesquisa geológica e também no Capítulo 5 sobre o Funnel na gestão de Portfólio de Projetos.



**Figura 5.3 Funnel e as 4 Fases de Avaliação dos Projetos de Pesquisa Geológica.**

Baseado em Clark e Wheelwright (1993), Maranhão (1985) Duchine (2006)

#### **5.4 Os Métodos de avaliação para cada Fase - Stage Gates<sup>®</sup>**

Uma vez definido o arcabouço dos projetos através do Funnel e suas fases de avaliação, passa a ser necessário determinar quais métodos de avaliação serão aplicáveis para avaliar os projetos de pesquisa geológica. Estes métodos são, conforme define Copper (1997a, 1997b e 2008), a principal função dos Gates no processo de seleção e priorização de alocação de recursos em pesquisa e desenvolvimento. Esta situação é exatamente a mesma com os projetos de Pesquisa Geológica onde é necessário priorizar os projetos em função das

limitações orçamentárias e também em função do planejamento de médio e longo prazo que contam com recursos minerais para sustentação da empresa.

Conforme é demonstrado no capítulo 3, vários métodos de seleção e priorização de projetos devem ser combinados ao longo das fases de desenvolvimento, Cooper (1997b, p.51).

Observando Maranhão (1985) e Duchini (2006) verificamos que o projeto de pesquisa geológica apresenta uma característica distinta quando se compara a Fase Regional de pesquisa com as Fases seguintes de Semi Detalhe, Detalhe e Avaliação.

Na Fase Regional, não é possível definir volumes de recursos minerais, pois não se utilizou, até aquele momento, nenhum método de pesquisa que permita esta determinação. Apenas nas fases seguintes, mais dispendiosas, é que começam a surgir informações sobre volumes de recursos minerais. Desta forma teremos dois modelos de avaliação:

- Modelo de Avaliação baseado nos conceitos previstos por Maranhão para a Fase Regional e;
- Modelo Econômico baseado nos métodos de Fluxo de Caixa Descontado, Modelos de Opção de Preços de Black e Scholes e Teoria de Opções Reais para as 3 fases seguintes.

#### 5.4.1 Modelo de Avaliação para a Fase Regional

Diante das condições de informação na Fase Regional, adotamos em nossa proposta o método de avaliação proposto por Maranhão (1985, p 275) discutido no Capítulo 2 em que o alvo geológico ou a região em estudos é avaliado sob 5 critérios e cada um deles recebe uma avaliação de 0 a 2 pontos. O modelo conforme proposta de Maranhão é mostrado a seguir.

Requisitos	Pontos		
	2	1	0
Tamanho do Depósito	Grande	Médio	Pequeno
Qualidade do Minério	Alta	Normal	Baixa
Condições Técnicas de Mineração	Muito Favorável	Normal	Desfavorável
Condições de Infra Estrutura Local	Muito Favorável	Normal	Desfavorável
Quantidade de minério por área	Grande	Média	Pequeno

#### Quadro 5.1 Modelo de Escore para Classificação Preliminar de Depósitos

Fonte: Maranhão (1985, p275)

Copper (1977a, 1997b, 1998) e Griffin (1997, 2003) mostraram que os métodos baseados em escore estão entre os mais utilizados pelas empresas em seus processos de gestão de desenvolvimento de produtos.



Ficamos entusiasmados ao encontrar o método proposto por Maranhão. Verificamos que os geólogos com quem fazíamos as entrevistas nas pesquisas de campo<sup>21</sup> reconheciam o método de Maranhão e o utilizavam freqüentemente de maneira tácita.

À partir de discussões com nosso orientador, desenvolvemos outro formato de apresentação para o modelo de escore com seus 5 critérios agrupados em duas dimensões:

<b>Dimensões</b>	<b>Crítérios segundo Maranhão</b>
Potencial Geológico	Tamanho do Depósito
	Qualidade do Minério
	Quantidade de minério por área
Condições Técnicas	Condições Técnicas de Mineração
	Condições de Infra Estrutura Local

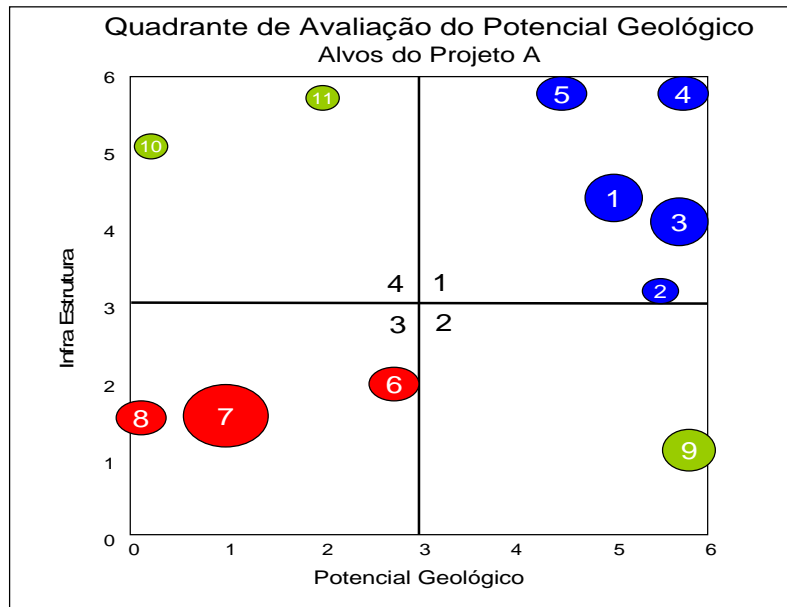
**Quadro 5.2 Adaptação do Modelo de Avaliação de Depósitos de Maranhão**

Com duas dimensões é possível adotar um modelo pictográfico que demonstre graficamente o potencial de cada alvo, dando uma visão geral de todos os alvos de uma forma integrada. Para isso, foi necessário aplicar um fator de correção aos dois critérios da dimensão “Condições Técnicas” para que este se igualasse aos três critérios da dimensão “Potencial Geológico”. Este fator multiplicador foi de 1,5.

Com isso, nossa proposta rebatizou o método de escore de Maranhão com o “pomposo” nome de Quadrante de Avaliação do Potencial Geológico o qual apresentamos um exemplo na Figura 6.4. Neste quadrante as duas dimensões são apresentadas nos dois eixos do gráfico formando quatro quadrantes.

Cada alvo analisado é posicionado de acordo com as duas notas obtidas pelo escore o que permite ter uma posição dentro do quadrante. O tamanho das bolhas é atribuído de acordo com a área de cada alvo. As cores são definidas de acordo com a região em que o alvo está localizado.

<sup>21</sup> Em nosso trabalho de campo, entrevistamos 16 geólogos. Selecionamos aqueles com mais de 15 anos de experiência na área de pesquisa geológica. As entrevistas não foram registradas neste trabalho, pois ultrapassaria seu escopo. Além disso, estas entrevistas não usaram um método sistemático sendo apenas para nos ajudar a entender todo o processo de pesquisa geológica.



**Fig. 5.4 Quadrante de Avaliação do Potencial Geológico**

Adaptado à partir do modelo de escore proposto por Maranhão (1985).

Ao lançar as notas para cada critério, o novo modelo as converte nas duas dimensões que são as suas coordenadas do Quadrante de Avaliação proposto. Os alvos ou regiões que caírem no Primeiro Quadrante mostram não só um alto potencial geológico como também boas condições de infra-estrutura local. A importância da infra-estrutura local para um projeto de mineração é decisiva. De acordo com as exigências apresentadas pelas empresas de mineração examinadas no Apêndice I, regulamentos ambientais sobre deposição de rejeitos e transporte de minério exigem atenção dos gestores. Os projetos em regiões mineradoras próximas a áreas de preservação ambientais teriam uma avaliação baixa, por exemplo.

Outra questão é sobre energia e água. A disponibilidade e o custo destes dois itens são exaustivamente discutidos em todos os relatórios examinados.

Finalmente as condições de transporte e logística tanto para abastecer a unidade industrial com insumos, trazer e levar pessoal e principalmente escoar a produção é fator decisivo. Recursos minerais com baixo valor de mercado como, por exemplo, os minerais industriais (cromo, ligas, fertilizantes, ferro) sofrem com distâncias elevadas e infra-estrutura de transporte deficiente Maranhão (1985, p.25).

Desta forma, alvos que caem na região 2 onde o potencial geológico é bom, mas a infra-estrutura é ruim, devem aguardar até que soluções técnicas ou até que investimentos governamentais possam minimizar os efeitos da falta de infra-estrutura. Por outro lado, alvos que caem na região 4 onde a infra-estrutura é boa, mas o potencial geológico ainda não se mostrou interessante, podem ser guardados para futuras avaliações.

Finalmente, os projetos que caem no quadrante 3 onde tanto o potencial geológico é baixo quanto as condições de infra-estrutura são ruins, devem ser descartados.

Assim formamos o *Stage Gate*<sup>®</sup> para a Fase Regional.

#### **5.4.2 Modelo de Avaliação para as Fases Semi Detalhe, Detalhe e Avaliação**

Definir o valor de negócios, produtos ou empresas quando ainda estão na sua fase de desenvolvimento é sempre uma tarefa muito complexa simplesmente pela falta de informações sobre o futuro. O que acontecerá com a empresa, projeto ou produto? Será lucrativo? Seu preço será alto ou baixo? Os custos operacionais serão controláveis? Previmos tudo em nossos planos?

Estas questões estão na lista de perguntas que lemos nos textos de Luehrman (1998), Trigeorgis (1996 e 2001), Smit (2004), Beninga (2002), Copeland e Antikarov (2002) e Brasil (2002) e justificam uma infinidade de trabalhos, debates e controvérsias sobre avaliação de empresas.

A razão de haver um método de avaliação através de um modelo econômico que defina o valor de um projeto de pesquisa geológica se deve ao fato de que a decisão de investir em pesquisa se justifica se houver alguma chance de recuperar todo o dinheiro investido com uma remuneração igual ou superior ao risco assumido.

Desta forma, para montar o modelo de avaliação para as fases Semi Detalhe, Detalhe e Avaliação, utilizaremos modelos de avaliação já estudados:

- a) Modelo de Opções de Preços MOP proposto por Black, Scholes (1973) que vai quantificar o valor de uma opção de compra considerando o tempo até que e exercício da opção que na nossa proposta é a execução do projeto;
- b) Espaço de Opções proposto por Timothy Luehrman (1998a e 1998b) que unifica e simplifica o MOP e a TOR combinando todos os conceitos matematicamente, visualmente e de forma intuitiva;
- c) Simulação de Monte Carlo que servirá para medir as principais incertezas do projeto de pesquisa ao longo de cada uma de suas fases (Semi detalhe, Detalhe e Avaliação) gerando valores de Desvio Padrão cumulativos que serão usados para o cálculo de alguns dos parâmetros do MOP.

Mas porque a semelhança? Porque um projeto de pesquisa e desenvolvimento se parece com uma opção de compra?

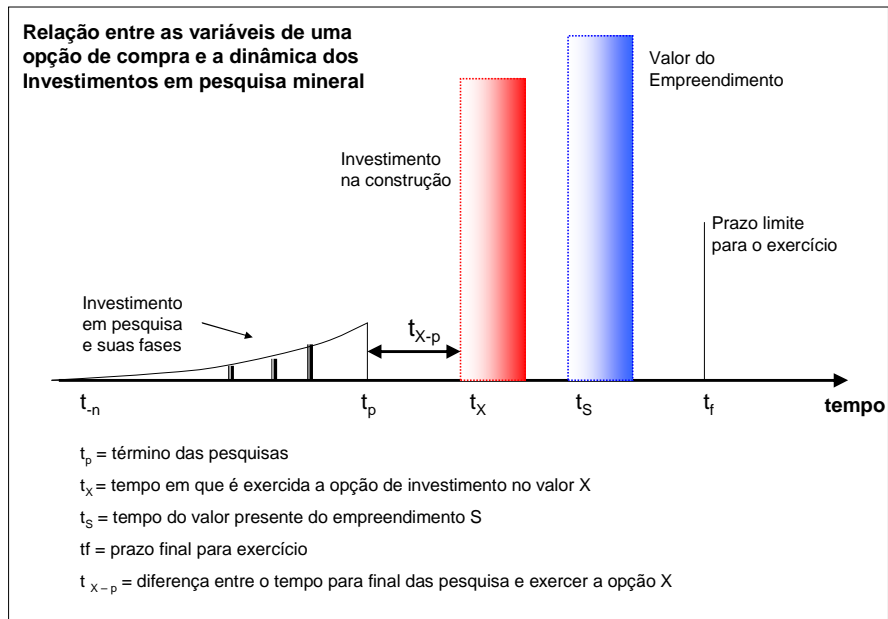
Selecioneamos alguns autores para afirmar que um projeto de pesquisa geológica é semelhante a uma opção de compra por várias razões:

- TOURINHO, Octavio. *The Option Value of Reserves of Natutal Resources*. **Tese de Doutorado** publicada em 1979 na **Universidade de Berkeley** na Califórnia Tourinho (1979). Segundo Smit e Trigeorgis (2004, p.65) este foi o primeiro trabalho a aplicar o Modelo de Opções de Preços na avaliação de recursos minerais. Tourinho utilizou o MOP para indicar o valor de um direito de exploração de áreas de petróleo. Alguns dos pressupostos que utilizamos em nosso trabalho, entre eles o comportamento estocástico dos preços das commodities e das reservas minerais além da abordagem do valor da opção como direcionador do momento ótimo para iniciar a exploração também foram utilizados em seu trabalho.
- PADDOCK, J.; SIEGEL, D.; SMITH, J. *Option Valutation of Claims on Physical Assets: the Case of Off Shore Petroleum Leases*. 1988. Este trabalho também versou sobre arrendamento de áreas petrolíferas para pesquisa buscando definir qual o valor a ser pago pela opção de explorar a área e como seria a remuneração do dono do direito mineral em caso de sucesso na pesquisa.
- BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. *Evaluating natural resource investments*. 1985. Os autores fazem um trabalho de referência na avaliação de uma mina através MOP e da TOR. Eles estudam o caso de uma mina de cobre hipotética que serviu de referência para inúmeros trabalhos nos anos seguintes.
- CORTAZAR, G; SCHWARTZ, E; CASASSUS, J. “*Optimal exploration investment under price and geological- technical ucertainty: a Real Option Model*”. 2001. Neste caso os autores, usando o exemplo de uma mina de cobre da CODELCO no Chile, estudam métodos de modelagem matemática para incluir riscos de mercado (preços do cobre) e riscos privados ( tamanho das reservas e custos de investimentos) nas decisões de continuidade dos investimentos em pesquisa geológica nas suas diversas fases.

O modelo proposto por Cortazar, Schwartz e Cassasus faz uma abordagem semelhante a que procuramos fazer neste trabalho. Entretanto, os autores aplicaram a TOR e o MOP para montar um conjunto de equações cuja resolução ótima foi alcançada através de programação numérica com o método das diferenças finitas. Não houve a preocupação de abordar um conjunto de atividades de pesquisas geológicas com as quais uma empresa mineradora quase que constantemente se envolve formando um portfólio de projetos. Além disso, a solução dada pelos autores é muito complexa apesar da elegância e a robustez otimizada alcançada.

Buscando simplificar, observamos pelo trabalho de Luehrman (1998a) que seria possível captar todas as variáveis importantes para decisão sobre investimentos em pesquisa geológica se fossem salientadas as duas variáveis que julgamos mais importantes: o tempo até a decisão e a volatilidade do valor do ativo ou empreendimento mineral que se pretende criar se as pesquisas derem certo.

Visualmente, a simplificação de Luehrman se daria da seguinte forma:



**Fig. 5.5 Relação entre as variáveis de uma opção de compra e os investimentos em pesquisa geológica.**

Baseado em Luehrman (1998a).

Para chegar ao modelo de opções de preços de Black e Scholes, devemos identificar os elementos de um projeto de pesquisa e alocá-los dentro do MOP. O primeiro elemento é o investimento no desenvolvimento da mina e na construção de uma planta de beneficiamento de minério. É um evento quase discreto e com pouca flexibilidade para ser alterado uma vez iniciado. Parar uma obra é sempre caro e difícil. Pela nomenclatura do MOP segundo Luehrman este é X. Devemos observar que X é o valor dos investimentos no momento em que a obra acontece e não no momento da análise. Portanto, ao tratarmos do valor dos investimentos, teremos que trazê-lo para o momento de análise a uma determinada taxa de desconto.

O segundo elemento é o valor do empreendimento ou do ativo subjacente como assim é conhecido na nomenclatura das Opções. O valor do ativo subjacente é tratado por S e será sempre o resultado de todos os ganhos gerados pelo ativo na data de exercício. O importante é que devemos considerar que o valor de S está sujeito a diversas interferências podendo

variar ao longo do tempo, assim como no caso da ação de uma empresa negociada em bolsa ou os lucros de uma mina de ouro. Esta variação é chamada no modelo de Black e Scholes de volatilidade do ativo enquanto no caso de um ativo real, é a variância dos retornos ou das receitas. Na nomenclatura de Black e Scholes a volatilidade é medida pela medida estatística de variância ( $\sigma^2$ ) e este é o terceiro elemento do modelo.

O tempo entre o término das pesquisas geológicas e a decisão de executar o projeto ou os investimentos na mina e na planta que chamamos na figura de  $t_{X-p}$  é o tempo possível até que se faça o exercício da opção que é a variável  $t$ .

O último elemento do modelo que não aparece na figura é a taxa de risco medida pela taxa de juros livre de riscos ( $r_f$ ). Nos Estados Unidos esta é a taxa paga pelo Departamento de Tesouro do Governo Federal Americano através de seus bônus. No Brasil este valor seria a SELIC administrada pelo Banco Central do Brasil.

Com isso completamos as 5 variáveis básicas do modelo de Opção de Preços. A equivalência entre as variáveis do modelo de opções e as variáveis de um investimento mineral é a seguinte:

Modelo Black Scholes	Oportunidade de Investimento	Variável
Preço de Exercício - valor pago pela compra das ações	Valor total do investimento de capital (CAPEX)	<b>X</b>
Valor da Ação	Valor Presente do Fluxo de Caixa Operacional descontado a Taxa de Risco	<b>S</b>
Prazo para término da Opção de Compra	Prazo máximo em que a decisão de investimento pode ser postergada	<b>t</b>
Variância sobre o preço daquela ação	Risco do Projeto medido pela volatilidade do retorno ou das receitas.	<b><math>\sigma^2</math></b>
Taxa de Juros Livre de Risco - Taxa do Bônus do Tesouro Americano	Taxa Livre de Risco	<b><math>r_f</math></b>

### **Quadro 5.3 Equivalência entre o Modelo de Opções de Black e Scholes e uma oportunidade de investimento**

Para montar nosso modelo usaremos, conforme Luehrman (1998a) prescreve, o FCD do lucro líquido operacional para determinar o valor de  $S$ .

Para o valor do exercício usaremos o custo do investimento no desenvolvimento da mina e construção da planta  $X$  que chamaremos nas planilhas de investimentos pré-operacionais ou CAPEX.

O valor de X será tratado sempre no momento da análise. Assim, não usaremos X e sim o Valor Presente de X ou, como Luehrman chama de PV(X). O valor de PV(X) é dado pela equação:

$$PV(X) = X \div (1 + r_f)^t$$

Onde:

X é o valor do investimento na data de sua realização

$r_f$  é a taxa de desconto livre de risco.

t é o prazo em que a opção é exercida

Aqui podemos perceber a primeira diferença entre a abordagem tradicional de investimentos pelo Valor Presente Líquido e a Teoria de Opções Reais. O valor do investimento é descontado à taxa livre de risco  $r_f$  enquanto os fluxos de caixa gerados pelo ativo são descontados a uma taxa média de mercado, por exemplo, a taxa média de captação da empresa.

Se X e S acontecerem no mesmo momento t, a diferença entre eles será o valor presente líquido tradicional, ou seja,  $X = PV(X)$  no tempo  $t_0$ . Portanto a diferença entre os dois será:

$$NPV_{\text{tradicional}} = S - X$$

Enquanto na nova abordagem,

$$NPV_{\text{modificado}} = S - PV(X)$$

Neste caso o  $NPV_{\text{modificado}}$  considera o valor do tempo para investir como uma opção de postergação.

Deve ser observado que  $NPV_{\text{tradicional}}$  será sempre menor ou igual ao  $NPV_{\text{modificado}}$  e esta diferença é exatamente o valor da remuneração extra pelo tempo de postergação. É sempre mais valioso pagar mais tarde do que mais cedo e é este o valor intrínseco capturado por esta pequena modificação.

A partir do conhecimento das variáveis do modelo de opções e seu paralelo com as variáveis de um empreendimento real, Luehrman propõe uma simplificação. Para isso, ao invés de trabalhar com 5 variáveis cujo entendimento é complexo para a maior parte dos gestores que trabalham com decisão sobre investimentos, ele vai agrupá-las em apenas 2 variáveis ou dimensões.

Luehrman argumenta que a simplificação é possível desde que não se perca a essência do mecanismo anterior. Assim o primeiro passo é criar a variável que combine os valores de investimento, do ativo e o risco associado. Para isso usaremos o  $NPV_{\text{modificado}}$  para estabelecer a primeira simplificação. Por resultar em valores positivos e negativos, o  $NPV_{\text{modificado}}$

poderia causar confusão principalmente porque sua escala seria muito diferente quando compararmos projetos pequenos e projetos grandes o que é muito comum na gestão de portfólios. Desta forma utilizaremos uma nova métrica conforme propõe Luehrman (1998b, p.5):

$$NPVq = S \div PV(X)$$

Desta forma a nova métrica NPVq será sempre um valor maior que zero e quando for maior que um, mostrará um projeto com retorno positivo. Luehrman chama NPVq de “Valor para o Custo” ou “Value-to-Cost”. Para valores entre 0 e 1 seria equivalente aos projetos NPV<sub>tradicional</sub> negativo.

Observe que ao combinar o valor de S e PV(X) em NPVq incluímos os valores da taxa livre de risco do modelo de opções e o tempo até a decisão conforme equação abaixo:

$$PV(X) = X \div (1 + r_f)^t \text{ deste modo}$$

$$NPVq = S \div [X \div (1 + r_f)^t]$$

O segundo passo é incluir a incerteza do projeto e o tempo até que a opção de investimento seja exercida na mesma variável. A incerteza do projeto assim como a incerteza sobre o valor de uma ação é medida por sua volatilidade. No caso da ação basta buscar seu histórico e medir sua variância ( $\sigma^2$ ). Entretanto no caso de um projeto real este histórico existe. Para acertar esta questão, Luehrman propõe combinar a volatilidade dos ganhos futuros do projetos, gerados pelo FCD e o tempo até exercer a opção que no caso do projeto é a execução dos investimentos em construção. Ele chama nossa atenção para a diferença entre uma decisão que pode esperar 2 anos para ser tomada e outra que tem apenas 1 ano de prazo. A primeira guarda uma volatilidade ou incerteza maior que a segunda. Assim, a volatilidade e o tempo estão relacionados em um produto:  $\sigma^2.t$ .

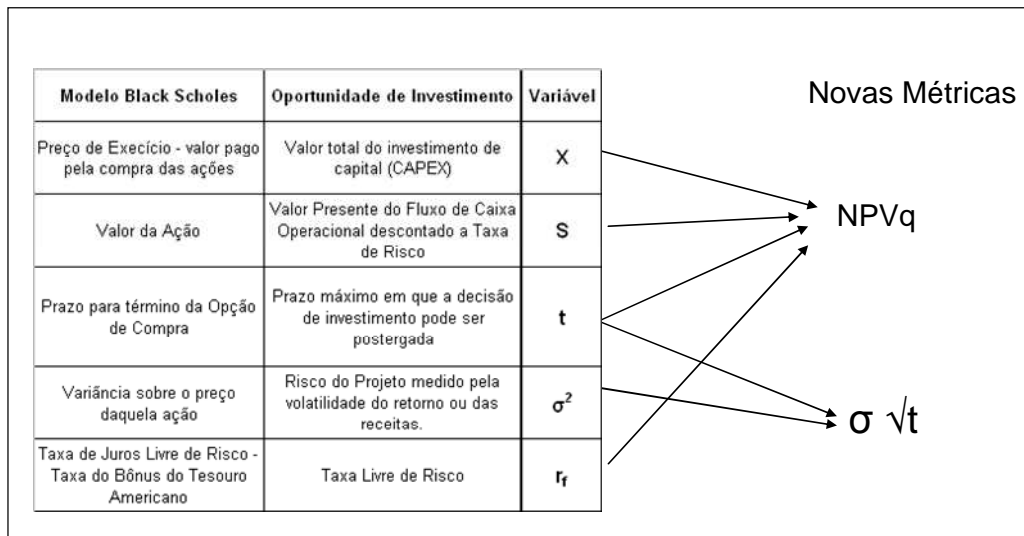
Este produto é chamado de volatilidade cumulativa, pois reflete o aumento da incerteza com o tempo. Mas o modelo ficaria complexo se usar a variância como medida da incerteza. Para simplificar, Luehrman adota o desvio padrão dos retornos do projeto que é simplesmente a raiz quadrada da variância. A simplificação deste segundo termo ficaria assim expressa:

$$\text{Volatilidade cumulativa (variância)} = \sigma^2.t$$

$$\text{Desvio Padrão } \sigma = \sqrt{\sigma^2} \text{ então } \sqrt{\sigma^2.t} = \sigma \cdot \sqrt{t}$$



Após todas as simplificações, temos finalmente um modelo com duas variáveis:



**Fig. 5.6** Simplificação do modelo de Black e Scholes

Fonte: Luehrman (1998a)

Para aplicar este modelo a projetos de investimentos em mineração, utilizaremos as planilhas de fluxo de caixa descontado conforme apresentado nos Apêndices III, IV e V do nosso estudo de caso onde foram aplicadas as seguintes taxas de desconto:

- a)  $r_f$  = Taxa Livre de Risco foi adotada como 8% ao ano por considerar o momento em que a taxa SELIC para 2009 é projetada em 12% enquanto a inflação prevista será de 4%. Esta taxa será aplicada para descontar o valor dos investimentos PV(X) no tempo de exercício t. Este procedimento foi adotado levando em conta as recomendações de Damodaran (2002, p. 172) quando a definição da Taxa Livre de Risco e Brasil (2002, p. 58)
- b)  $r$  = Taxa de Desconto sobre Lucro Líquido será de 13% que reflete o custo de capital da empresa e a taxa livre de risco adotada no item a ponderada de acordo com o endividamento da MSOL. Utilizamos a equação definida no item 4.3.1 por Brasil (2002, p.56) e os conceitos propostos por Damodaran (2002, p.172). Consideramos os dados da MSOL e não as variações dos valores da Ação da Jaguar negociados desde 2004 na Bolsa de Valores de Toronto no Canadá levando em conta o pequeno histórico conforme recomenda Damodaran (2002, p. 173)

Com as planilhas vamos obter o valor de S descontado a taxa  $r$  e o valor de PV(X) descontado a taxa  $r_f$ .

A partir da aplicação da simulação de Monte Carlos através do Software de simulação @Risk 4.5 será obtido o desvio padrão do Lucro Líquido Descontado S. O valor de t está montado nas planilhas e vai variar de acordo com as fases de pesquisa geológica.

A seguir resumidos como as variáveis serão obtidas nas planilhas.

Variável	Variável	Variáveis do Espaço de Opções	De onde será extraída
Valor total do investimento de capital (CAPEX)	<b>X</b>	<b>NPVq = S ÷ PV(X)</b>	PV(X) será o $CAPEX \div (1 + r_f)^t$
Valor Presente do Fluxo de Caixa Operacional descontado a Taxa de Risco	<b>S</b>		S = VPL(13%) do Lucro Líquido)
Taxa Livre de Risco	<b>r<sub>f</sub></b>		r <sub>f</sub> = 8% aa
Prazo máximo em que a decisão de investimento pode ser postergada	<b>t</b>		t é tempo entre o término da fase de pesquisa e a data prevista CAPEX conforme plano estratégico
Risco do Projeto medido pela volatilidade do retorno ou das receitas.	<b>σ<sup>2</sup></b>	<b>σ√t</b>	O Desvio Padrão σ é obtido através simulação de Monte Carlo.

#### Quadro 5.4 Relação das Variáveis e sua origem no modelo proposto

Baseado em Luehrman (1998a)

Finalmente Luehrman propõe uma demonstração visual do que ele chama de Espaço de Opções. Este espaço é demonstrado como um gráfico onde as duas dimensões são NPVq e σ√t. No capítulo 6 o Espaço de Opções será usado intensivamente. O modelo a ser usado é exemplificado abaixo:

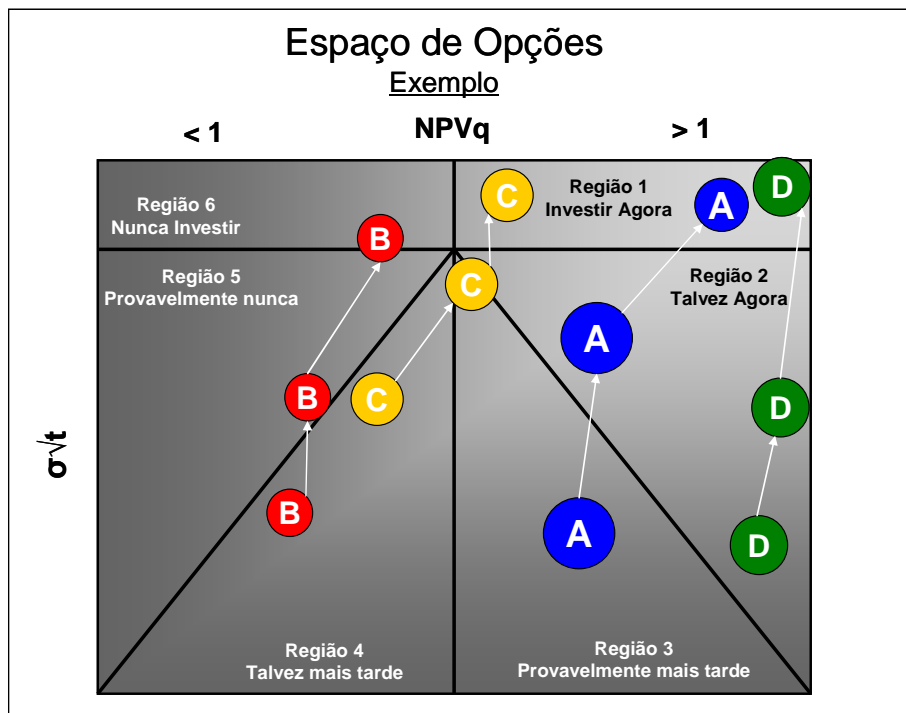


Fig. 5.7 Espaço de Opção de Luehrman. Exemplo

O Espaço de Opções possui 6 regiões divididas pelo eixo do NPVq a esquerda valores de NPVq menor que 1. Os projetos são posicionados conforme seus valores de NPVq e  $\sigma.\sqrt{t}$  em relação aos eixos. Altos valores de NPVq e baixos valores de  $\sigma.\sqrt{t}$  representam projetos com elevados retornos e baixo risco sendo portanto preferenciais em um portfólio de projetos. Estes projetos estão localizados na região 1 em que o exercício da opção deve ser realizado imediatamente. Não há tempo a perder.

Para projetos na região 2 em que o NPVq é alto mas  $\sigma.\sqrt{t}$  ainda se mostra elevado, é aconselhável aguardar por uma evolução do projeto. O Espaço de Opções só vai posicionar um projeto nesta área se ele ainda mantém a opção de postergar ou diferir a decisão. Caso não tenha a opção de postergar, este mesmo projeto apresentaria um baixo valor de  $\sigma.\sqrt{t}$  podendo se posicionar não na região 1 mas na região 5 ou 6 o que praticamente eliminaria o projeto do portfólio.

O uso do espaço de opções melhora a decisão dos gestores que passam a ter não uma informação rígida do tradicional Valor Presente Líquido obtido do Fluxo de Caixa Descontado e sim uma informação mais ampla que capta as opções que um projeto de investimento em apenas duas dimensões.

#### **5.4.3 Discussão sobre a escolha do MOP como método de seleção**

No item 4.6.2 selecionamos vários autores para justificar a analogia entre opções financeiras e as opções reais. Demonstramos como podem ser resolvidas as limitações da analogia entre opções financeiras e opções reais.

Entretanto, uma questão passível de discussão se refere à utilização do MOP e não da TOR como procedimento de seleção econômica de projetos de pesquisa geológica na proposta deste procedimento.

Nossa decisão de utilizar o MOP como método de avaliação está baseado em dois critérios:

- **Simplicidade:** como queremos um procedimento que possa ser simples e intuitivo, o MOP leva clara vantagem neste quesito. Ele permite usar as mesmas ferramentas já utilizadas comumente nas empresas o que facilitaria sua aceitação. Haveria apenas duas novidades: o MOP que, apesar da sua equação aparentemente complexa, apresenta conceitos comuns aos profissionais da área decisão de investimentos – risco, volatilidade e tempo. Outra novidade é o uso da Simulação de Monte Carlo que apesar de ser um método já consolidado no meio acadêmico, só foi adotado pelo meio empresarial com o aparecimento de softwares simples e baratos para simulação como

@Risk e Cristal Ball. É importante lembrar que a montagem de um modelo baseado na TOR demandaria a construção de um modelo binomial ou através de Equações Diferenciais Parciais para cada um dos alvos em cada um dos momentos de decisão conforme ilustra Minardi (2004, p. 87-93)

- Semelhança entre o processo de decisão seqüencial e o MOP: o processo de decisão em fases adotado em nosso procedimento parte do princípio que a cada fase os analistas devem avaliar os resultados da pesquisa e com estes resultados rever as condições do negócio e então decidir pelo prosseguimento ou não na próxima fase de pesquisa. Cada etapa de pesquisa, conforme nosso procedimento propõe guarda uma forte analogia com uma opção de compra européia: prazo fixo para exercício da opção e sem dividendos e pode ser extremamente simplificado utilizando-se as analogias propostas por Luehrman (1998a e 1998b).

Além destas duas razões, procuramos resolver outra questão colocada por *Childs et all* (2004, p.419-449) e Luehrman (1998b): a inter-relação entre vários alvos ou projetos.

Esta questão acontece quando a decisão de um projeto pode abrir a opção de desenvolver outros projetos. Luehrman (1998b, p.96) chama estes casos de *Nested Options* ou opções aninhadas. Para resolvê-la pela TOR seria necessário modelar todas as interferências entre os projetos usando, por exemplo, o modelo binomial o que tornaria o trabalho complexo quando estamos lidando com um portfólio de projetos.

Entretanto, deixar de tratar opções aninhadas resultaria numa perda de valor do ativo geológico em estudo. Nosso procedimento contornou estas condições através da modelagem das opções geradas pelas inter-relações nos fluxos de caixa dos projetos (ver estudo de caso projetos B e C) demonstrando que alvos de pesquisa podem ser mais valiosos se combinados com outros projetos.

Desta forma, nossa abordagem através do MOP não pode ser considerada uma alternativa simplista já que não deixou nenhuma consideração sem tratamento. Por outro lado, se os analistas desejam alcançar soluções ótimas para o Portfólio, será necessário considerar o uso da TOR o que será deixado para estudos futuros.

#### **5.4.4 O Valor da Opção**

Através da proposta de Luehrman é possível acrescentar um dado importante para a avaliação de cada projeto: valor da opção. Segundo Luehrman o valor da opção é tão maior quanto maior for o valor de NPVq [ $S \div PV(X)$ ] e menor for a volatilidade acumulada  $\sigma \cdot \sqrt{t}$ . Isso se

explica porque a relação destas duas variáveis guarda relação com as 5 variáveis básicas do modelo de Black e Scholes. O exemplo apresentado no item 4.10 figura 4.3 ilustra este caso.

Para combinar as duas variáveis,  $NPVq$  e  $\sigma\sqrt{t}$ , usaremos a tabela do Anexo I para determinar o valor da opção de cada projeto em cada fase de pesquisa. Os projetos serão apresentados no espaço de opções através de circunferências cujo diâmetro é proporcional ao Valor da Opção naquela fase.

Observando no Capítulo 6 as Tabelas 6.5, 6.6 e 6.7 é calculado o valor da opção de cada projeto em cada uma das fases através do produto do valor da opção obtido na tabela do Anexo I (Valor da Opção de Compra Européia) e o valor de  $S$ .

### **5.5 Foco da redução da incerteza técnica**

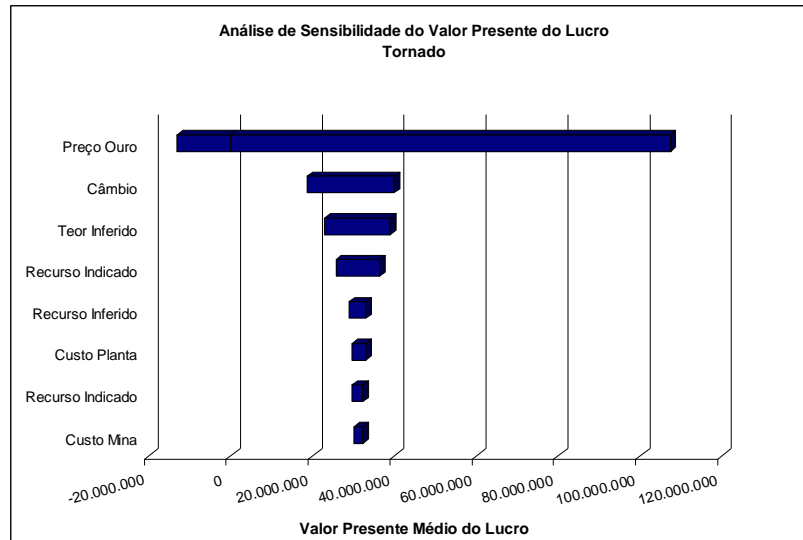
Os projetos de P&D podem atuar em duas dimensões quanto a redução da incerteza. A primeira dimensão é de mercado e trata de preços do produto e questões concorrenciais e macro-econômicas. Quando se está trabalhando no desenvolvimento de novas tecnologias, é possível atuar na gestão do projeto de forma a posicionar o produto em desenvolvimento em determinados nichos de mercado onde é possível se proteger, por algum tempo, dos concorrentes e assim se beneficiar de preços mais altos. , Griffin (1997).

O mesmo não pode ser feito quando o trabalho de P&D é realizado em mercados cujos produtos finais são commodities. Nestes mercados os preços assumem valores fora do controle do produtor, mesmo os grandes.

Nosso estudo se concentrou em minas de ouro cujo preço apresenta volatilidade elevada, mas um histórico seguro com transações diárias. Além disso, há também a influência da Taxa de Câmbio que altera a receita gerada de forma direta e linear. Já os custos operacionais têm pequeno impacto da taxa de câmbio já que sua composição é majoritariamente em preços internos conforme pode ser comprovado pela montagem das planilhas nos Apêndices III, IV e V cuja base de informação são os relatórios internos da empresa estudada e que receberá maior atenção no próximo capítulo.

Ao montarmos as planilhas que sustentarão o modelo proposto, realizados testes para avaliar o impacto de cada variável no desvio padrão Lucro Líquido a Valor Presente ( $S$ ).

O resultado é apresentado a seguir:

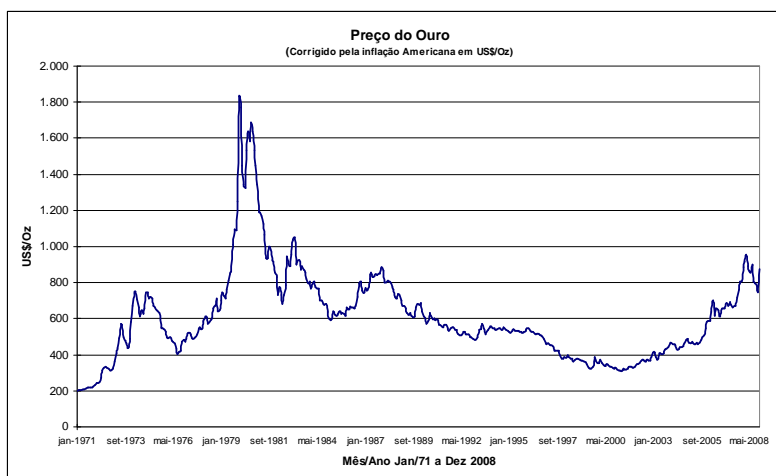


**Gráfico 5.1 Análise de Sensibilidade das Variáveis do Projeto**

Fonte: dados do autor simulados com software @Risk 4.5

Os testes demonstraram o forte impacto das variações do preço do Ouro no Desvio Padrão da variável S (Valor Presente do Lucro Líquido).

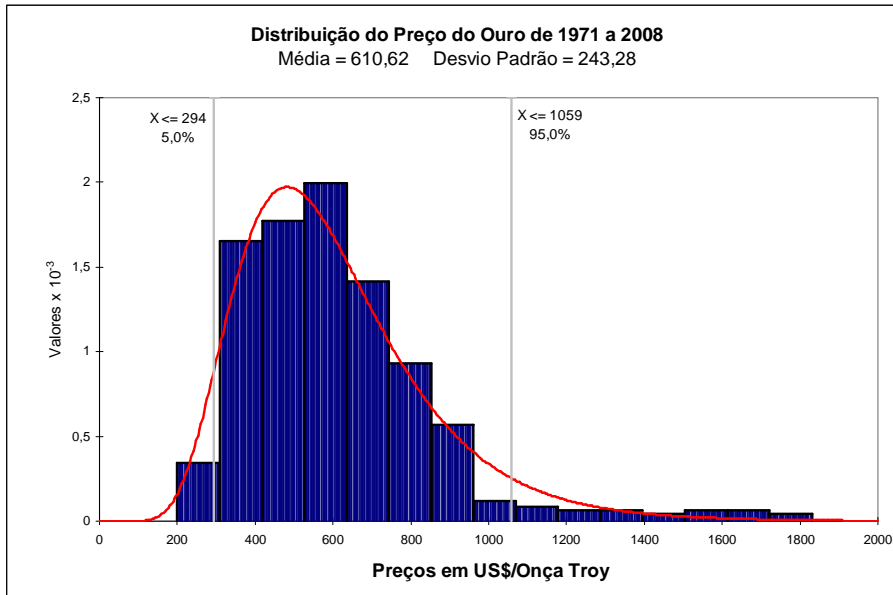
A razão para estes resultados está no comportamento do preço do Ouro. A permanecer o ouro como variável de simulação, todo o projeto dependeria apenas do preço do metal. Analisamos o comportamento do preço do metal através de dados coletados no site da Bolsa de Metais de Londres, LME (2008). Usamos o preço médio mensal desde 1971 o que tornou necessário corrigir os preços de acordo com a inflação mundial. Adotamos o mesmo critério do *Standard Bank* (2007) que utiliza a inflação americana como base. O índice escolhido foi o CPI que mede a inflação americana para o consumidor urbano. Este índice de chama CIP-U e é publicado pelo Escritório de Estatísticas do Trabalho dos Estados Unidos *US Department of Labor* (2009). Os preços históricos corrigidos são apresentados no Gráfico 5.2.



**Gráfico 5.2 Cotação do Ouro LME corrigido pelo CPI**

Fontes: LME e *US Department of Labor* (2009)

Esta mesma base de dados foi submetida à análise estatística que demonstrou que no período o preço do ouro apresenta uma distribuição LogNormal com média de US\$ 610/Oz e Desvio Padrão de US\$ 243/Oz ou 39,84% conforme Gráfico 5.3 abaixo:



**Gráfico 5.3 – Distribuição do Preço do Ouro 1971 a 2008**

Fonte: LME (2009) e Software @Risk 4.5.

Nosso objetivo quando montamos um modelo para gerenciamento de projetos de pesquisa é orientar os gestores no sentido da decisão sobre as variáveis em que estes podem atuar. No caso das empresas mineradoras produtoras de commodities não é possível atuar nos preços sendo portanto uma variável a ser avaliada pela média onde não há como atuar na mesma.

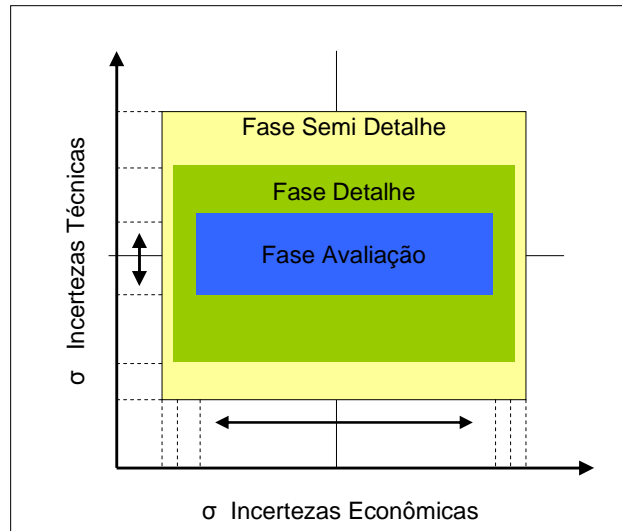
O resultado é que as diferentes fases de pesquisa geológica, combinadas com os trabalhos de engenharia e avaliação econômica vão reduzir as incertezas técnicas e geológicas mas devem conviver com as incertezas de mercado conforme Quadro 5.5 abaixo:

<b>Natureza da Incerteza</b>	<b>Variáveis</b>
<b>Técnica</b>	Volume dos Recursos Minerais em Toneladas Teor médio do Ouro em gramas por tonelada gpt Custo Operacional da Planta de Beneficiamento em R\$/tonelada Custo Operacional da Mina em R\$/toneladas Valor do Investimento (CAPEX) em US\$ x 10 <sup>6</sup>
<b>Econômica</b>	Cotação do Ouro em US\$/ Onça Troy Taxa de Câmbio em R\$/US\$

**Quadro 5.5 Incertezas quanto às variáveis dos projetos**

Fonte: dados internos da MSOL

Assim, o nosso objetivo é justificar a eliminação das fontes de incerteza econômica, no caso do nosso estudo o preço do ouro e a taxa de câmbio, e atuar apenas com as incertezas de origem técnica conforme Figura 5.8:



**Figura 5.8 Foco nas incertezas Técnicas (Riscos Privados)**

A figura acima mostra que na medida em que os trabalhos de pesquisa evoluem o desvio padrão relativo às incertezas técnicas se reduz de forma acentuada enquanto as incertezas econômicas (preço do ouro e câmbio) apresentam pequena redução.



## 6 ESTUDO DE UM CASO REAL

### 6.1 Introdução.

Neste capítulo aplicaremos o método proposto no capítulo 5. A aplicação seguirá o seguinte roteiro:

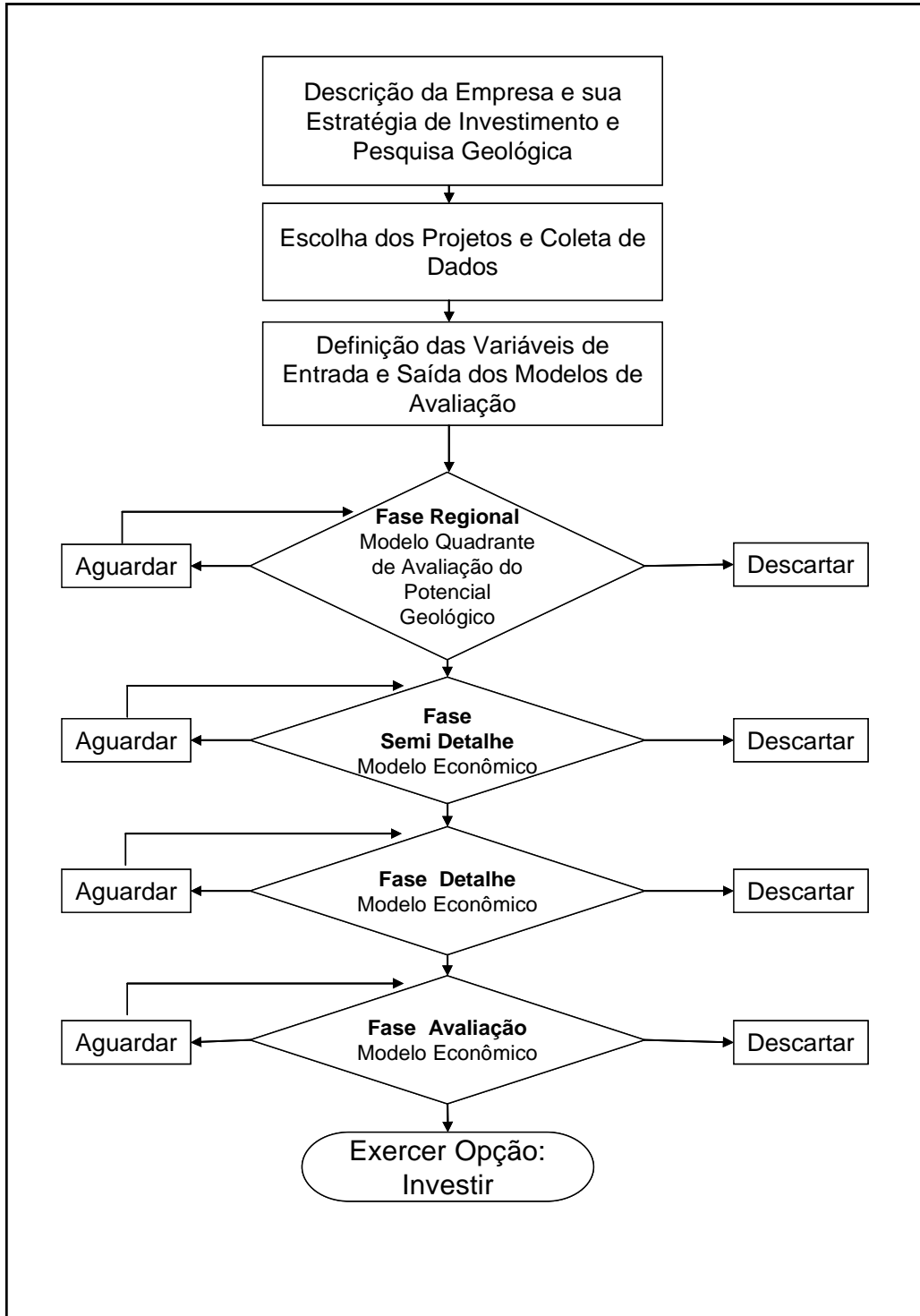


Fig. 6.1 – Fluxograma de aplicação do Método Proposto para o estudo de caso

## **6.2 Descrição da Empresa e sua Estratégia de Investimento e Pesquisa Geológica**

### **6.2.1 Descrição da Empresa**

A *Jaguar Mining Inc* é uma empresa sediada nos Estados Unidos que tem como objetivo desenvolver minas de ouro no Brasil em especial no quadrilátero ferrífero em Minas Gerais, Jaguar (2009).

Com este objetivo a Jaguar montou no Brasil uma empresa da qual é 100% proprietária chamada Mineração Serras do Oeste Ltda que é conhecida pela sigla MSOL. Neste capítulo faremos referência à empresa MSOL quando utilizarmos os dados estudados.

A *Jaguar Mining* foi estabelecida nos Estados Unidos em 2003 e fez a primeira oferta pública de ações na Bolsa de Toronto no Canadá no ano seguinte. Esta foi a forma que os gestores da Jaguar encontraram para obter o financiamento para seus projetos no quadrilátero ferrífero.

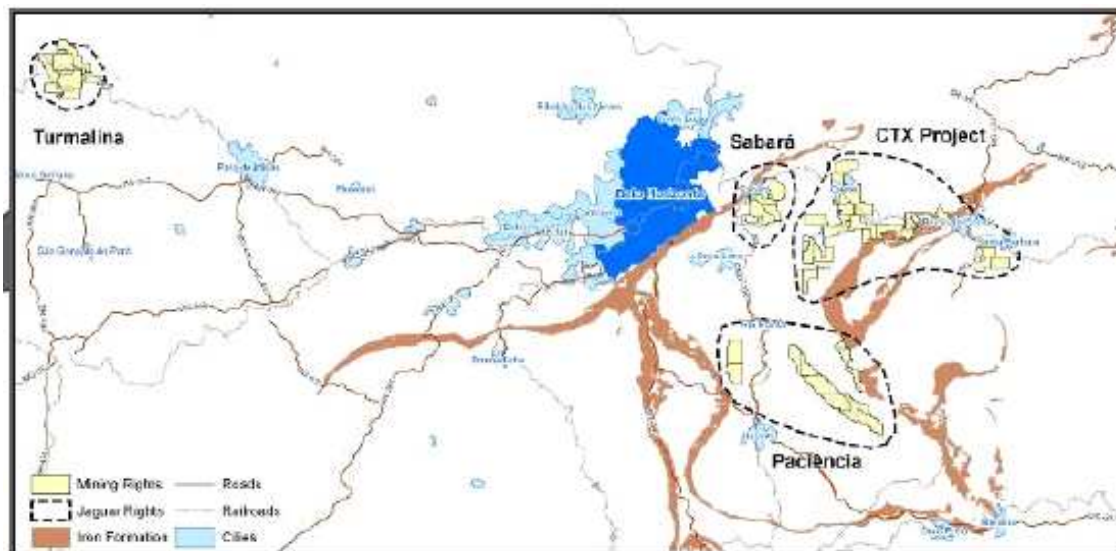
A operação em bolsa, entretanto, obriga as empresas a manter um modelo de gestão rígido quanto a normas contábeis, práticas gerenciais e de comunicação ao mercado CSA (2001). Todos os dados devem ser enviados aos acionistas e publicados para acesso livre de forma que seja possível a qualquer investidor, mesmo não especializado em mineração, acompanhar os trabalhos da empresa e avaliar seus resultados.

Apesar do trabalho adicional, esta transparência traz vantagens para o caso de se optar pela captação de recursos através de bancos comerciais. Segundo entrevista realizada com o Diretor Financeiro da MSOL, Economista Cleber Moreira Macedo, os dados e relatórios publicados pela Jaguar e auditados por empresas independentes são usados pelos bancos comerciais para avaliar a concessão de empréstimos e financiamentos. Os bancos e agentes financeiros sentirão maior segurança na concessão do crédito se a empresa adota práticas gerenciais e contábeis transparentes e confiáveis.

Os primeiros ativos minerais da MSOL foram adquiridos através de contratos de exploração firmados com outras empresas mineradoras que já operavam na região do quadrilátero ferrífero. Tratava-se de direitos minerais espalhados em uma área de 100 km em torno de Belo Horizonte. A MSOL agrupou estes direitos minerais em 4 áreas assim identificadas:

- Área 1 – Região “CTX Project”
- Área 2 – Região Turmalina
- Área 3 – Região Paciência
- Área 4 – Região Sabará

Estas áreas são apresentadas no mapa a fornecido pela *Jaguar Mining* em seu relatório semestral ao mercado de Maio de 2007 Jaguar (2007).



**Fig. 6.2** Mapa de localização das 4 Regiões da MSOL

Fonte: Relatório Semestral da *Jaguar Mining* – Maio de 2007

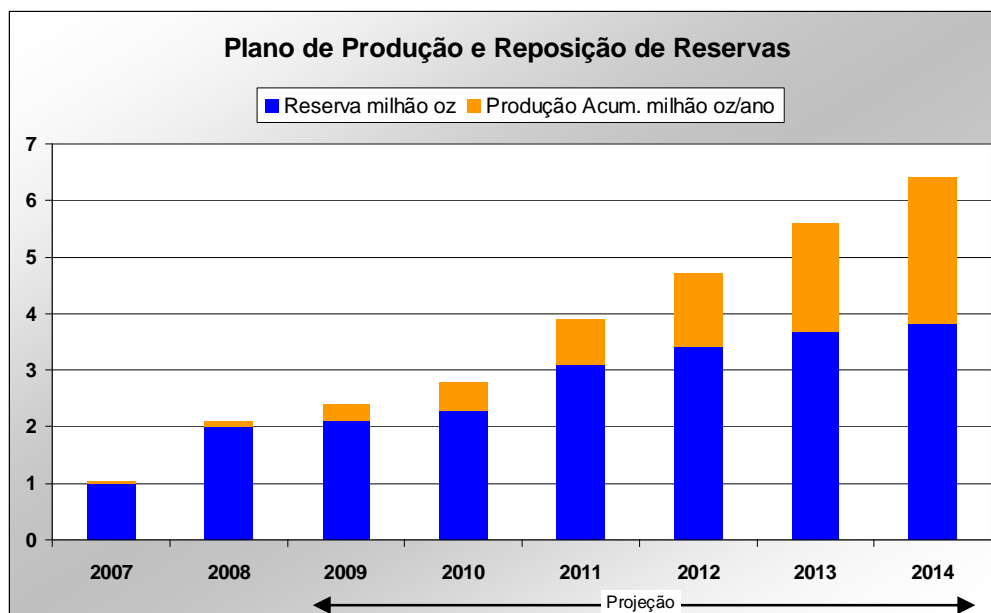
O planejamento da MSOL prevê a construção de uma planta de beneficiamento de minério em cada uma das regiões de forma a tratar o minério extraído das minas e assim reduzir o custo de transporte do minério, Jaguar (2007).

Tendo como base os planos de exploração e produção de 5 e 10 anos a MSOL planeja produzir até 2013 1,9 Milhões de Onças<sup>22</sup> de ouro. Para atingir este nível de produção, a empresa deverá ser capaz de confirmar reservas minerais viáveis equivalentes a 3,1 Milhões de Onças nos diversos direitos minerais, ver figura 6.3.

A necessidade de encontrar depósitos minerais que tenham condições de operar de forma econômica é a principal tarefa da atividade de pesquisa geológica.

A alocação de recursos em pesquisa geológica é fundamental para que a empresa apresente ao mercado uma projeção econômica sustentável no longo prazo. Sem as pesquisas a empresa não tem condições de repor suas reservas minerais.

<sup>22</sup> Um Onça Troy é equivalente a 31,105 gramas e seu símbolo é oz



**Fig. 6.3 Plano de Produção e Reposição de Reservas**

Fonte: Relatório aos Acionistas e ao Mercado Jaguar (2009)

### 6.2.2 Estratégia de Investimento e Pesquisa Geológica

O trabalho de pesquisa e desenvolvimento da MSOL se sustenta em 4 pilares: o planejamento estratégico, a pesquisa geológica, a engenharia para desenvolvimento e gestão dos projetos e a avaliação econômica de todas as etapas de decisão. O trabalho integrado destes pilares descreve o funcionamento do portfólio e a estratégia geral da empresa. O Quadro 6.1 resume as ações e objetivos:

Pilar	Ação	Objetivos
<b>Planejamento</b>	Coordenar investimentos em pesquisa, projetos e aquisições; Revisão anualmente os planos de 5 e 10 anos.	Crescimento Rápido; Foco na produção de ouro.
<b>Geologia</b>	Exploração seguindo as 4 fases de pesquisa: Regional, Semi Detalhe, Detalhe e Avaliação.	Maximizar os resultados das pesquisas através do aumento contínuo das reservas e recursos minerais
<b>Engenharia</b>	Desenvolver projeto de engenharia básica e de detalhe; Coordenar os projetos de construção e desenvolvimento das minas e planta.	Desenvolver projetos e processos de baixo custo e atender as normas ambientais e de segurança
<b>Avaliação Econômica</b>	Avaliação dos riscos de cada investimento nas diversas fases de pesquisa e na fase final de decisão.	Minimizar o risco enquanto mantém o ritmo de crescimento

**Quadro 6.1 Descrição das atividades que suportam o processo de decisão**

Fonte: informações colhidas dentro da MSOL

### 6.3 Escolha dos Projetos e coleta de dados

Para este estudo de caso utilizamos apenas os dados dos que já haviam sido publicados aos investidores. Por esta razão, alguns dados foram acrescentados para que fosse possível aplicar o método proposto. Nossa avaliação é de que estas alterações são pequenas e os dados foram acrescentados simplesmente porque a MSOL ainda não utiliza métodos integrados de avaliação para suportar suas decisões de investimentos nas fases de Pesquisa geológica.

Os 4 projetos selecionados são apresentados no Quadro 6.2:

<b>Projeto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Capacidade ton/ano	1.200.000	200.000	300.000	1.200.000
Construção/Expansão	Construção	Expansão	Expansão	Construção
Alvos fase Regional	11	1	2	5
Área de pesquisa Hec	230.000	4.000	11.000	73.000
Prazo DNPM <sup>23</sup> (anos)	9	6	6	6
Prazo MSOL (anos)	5	3	3	4
Orçamento Pesquisa	US\$ 6.500.000	US\$ 1.300.000	US\$ 2.360.000	US\$ 5.500.000
CAPEX	US\$ 100.000.000	US\$ 22.000.000	US\$ 49.000.000	US\$ 15.000.000

**Quadro 6.2** Dados básicos dos projetos

Fonte: dados internos da MSOL

A *capacidade de produção* demonstra a escala do projeto e se refere a capacidade de produção das minas e da planta de beneficiamento em cada projeto. Os projetos A e D são chamados de novos projetos por estarem em áreas sem uma planta de beneficiamento. Este tipo de projeto demanda investimentos de maior porte e foram classificados como projetos de construção.

Os projetos B e C são expansões porque serão desenvolvidos em áreas que já possuem planta de beneficiamento com minas em operação para abastecê-las. Nestes projetos será avaliada a atratividade do desenvolvimento de novas minas o que demandará investimentos para expansão da capacidade das plantas além do investimento na abertura das novas minas.

O número de alvos se refere ao número de direitos minerais que serão pesquisadas pela equipe de geologia na fase regional. Esta informação é combinada com a área total a ser pesquisada que é a soma das áreas de cada direito mineral em Hectares.

O Prazo DNPM é o prazo máximo, contado da data do estudo em que a MSOL deverá apresentar relatório final contendo um Plano de Aproveitamento Econômico – PAE conforme

<sup>23</sup> Departamento Nacional de Produção Mineral órgão federal que controla os direitos minerais no Brasil e que impõe prazos para que uma empresa ou pessoa explore uma área ou devolve a União após este prazo em caso de insucesso ou de economicidade.

normas internas do DNPM. Caso não cumpra este prazo a MSOL perde o direito mineral que voltará para o DNPM para ser oferecido novamente a empresas interessadas em sua exploração. O Prazo MSOL é o prazo que atende o plano estratégico de produção e investimentos da empresa. Deve ser observado que o prazo MSOL é sempre menor que o prazo DNPM e por isso será usado como prazo para exercício da decisão de investimento.

#### **6.4 Definição das Variáveis de entrada e saída dos modelos de avaliação**

Conforme proposto no capítulo 5, será necessário estabelecer parâmetros relativos à distribuição de probabilidades das principais variáveis dos projetos nas fases semi detalhe, detalhe e avaliação além de qualificar algumas das suas variáveis para a fase regional. Esta distribuição é reflexo da incerteza técnica sobre as variáveis do modelo econômico ou o que chamamos de Risco Privado.

##### **6.4.1 Variáveis para o Modelo de Avaliação da Fase Regional**

Segundo Maranhão (1985) e seguindo o modelo proposto no Capítulo 6, existem 5 variáveis que são usadas para qualificar alvos geológicos na Fase Regional. Estas variáveis são agrupadas em duas dimensões:

Potencial Geológico:

- a) Tamanho do Depósito
- b) Qualidade do Minério
- c) Quantidade de minério por área

Condições Técnicas:

- d) Condições Técnicas de Mineração
- e) Condições de Infra Estrutura Local

Estas variáveis serão quantificadas através de notas conforme critérios propostos por Maranhão conforme modelo proposto no Capítulo 5 e demonstrado no item 6.5 a seguir.

##### **6.4.2 Variáveis do Modelo Econômico (fase semi-detalhe, detalhe e avaliação)**

O modelo econômico proposto no capítulo 5 determina que a incerteza do projeto é definida pelo Desvio Padrão da Variável de Saída de acordo com a distribuição de probabilidades das variáveis de entrada quando submetidas a um processo de simulação de Monte Carlo. Para determinar as variáveis de entrada que farão parte do modelo econômico, selecionamos apenas aquelas que pertencem ao conjunto das variáveis de incerteza técnica (Risco Privado). Em seguida, selecionamos aquelas cujo impacto no resultado econômico era mais significativo de acordo com os resultados demonstrados no capítulo 5.

Para a determinação da distribuição de probabilidades das variáveis técnicas selecionadas para o modelo econômico, lançamos mão do histórico dos projetos da MSOL e da experiência do grupo de profissionais entrevistados. Desta forma chegamos as seguintes variáveis e suas respectivas de distribuições de probabilidades

Volume dos Recursos Minerais: este é um dos parâmetros que sofre forte influência dos trabalhos da Equipe de geologia, conforme demonstrado no capítulo 2. A MSOL adota os padrões propostos pelas normas JORC e NI.43-101 para a determinar o volume dos recursos minerais. Nosso objetivo é determinar a precisão destas informações e atribuir uma distribuição de probabilidade para recurso mineral inferido, indicado e medido que é obtido como resultado das fases de Semi Detalhe, Detalhe e Avaliação.

Realizamos uma revisão das normas JORC e NI 43.101 e entrevistamos o geólogo<sup>24</sup> Rogério Moreno da MCB Consultores com o objetivo de estabelecer esta distribuição de probabilidades. Segundo as normas e conforme Rogério Moreno esta definição está subordinada à percepção do geólogo encarregado para a avaliação. Não há, portanto, uma regra fixa para esta definição. Entretanto, o Geólogo Rogério Moreno adota alguns critérios para definir graus de confiança no valor dos recursos minerais.

Regiões com pouco ou nenhum conhecimento geológico e que nunca tiveram qualquer atividade mineraria anterior carregam elevados níveis de incerteza. São os chamados *Green Fields* ou Campos Verdes em alusão ao pouco conhecimento da região. Por outro lado regiões muito conhecidas e que tenham recebido vários trabalhos de pesquisa geológica conhecidos, como é o caso do quadrilátero ferrífero em Minas Gerais, podem ser tratadas com mais segurança.

Desta forma, para este estudo, adotaremos as seguintes distribuições de probabilidade para o volume de recursos:

<b>Tipo</b>	<b>Distribuição</b>	<b>Valor Máximo</b>	<b>Valor Mínimo</b>
Reserva Medida	Triangular	+10%	- 10%
Reserva Indicada	Triangular	+ 20%	- 20%
Reserva Inferida	Triangular	+ 30%	- 30%

### **Quadro 6.3 Distribuição de Probabilidades para os recursos minerais**

Teor médio do Ouro nos recursos minerais: da mesma forma que o volume da reserva, o teor de metal contido é função dos trabalhos realizados pela geologia durante as fases de pesquisa.

---

<sup>24</sup> Geólogo Rogério Moreno, Sócio Diretor da MCB Consultoria Geológica Ltda é Pessoa Qualificada (QP) de acordo com as normas internacionais adotadas pela MSOL (JORC e NI 43.101)

Os geólogos definem um teor médio para cada tipo de reserva: medida, indicada e inferida, conforme observamos nos relatórios dos projetos da MSOL.

Desta forma a distribuição de probabilidades para os teores de cada tipo de reserva seguirá a mesma forma dos volumes:

Teor	Distribuição	Valor Máximo	Valor Mínimo
Medido	Triangular	+10%	- 10%
Indicado	Triangular	+ 20%	- 20%
Inferido	Triangular	+ 30%	- 30%

**Quadro 6.4 Distribuição de Probabilidades para os teores de ouro**

Custos operacionais: a atuação sobre os custos operacionais é um dos focos dos gerentes operacionais. Publicações da área de mineração frequentemente apresentam relatórios e artigos tratando o tema gestão de custos (Revista Minérios, 2008). A MSOL apresenta o mesmo comportamento. Em seus programas gerenciais de 2008, 2009 e 2010 a maior parte das ações está ligada à gestão de custos conforme pode ser observado pelo “Relatório do Programa de *Gerenciamento Pelas Diretrizes*<sup>25</sup>”.

A MSOL tem um histórico de apenas 5 anos de operação e, segundo entrevista com o Engenheiro Juvenil Félix, não atingiu a maturidade gerencial, razão pela qual mantém fortes investimentos no treinamento gerencial e em programas como o *Gerenciamento Pelas Diretrizes*. Entretanto, para efeito de variabilidade de custos, espera-se uma redução gradual ao longo do tempo conforme já se observa nas operações mais maduras como é o caso da Mina de Turmalina na região do mesmo nome.

Através destas informações, estabelecemos a seguinte distribuição de probabilidades para o custo operacional nas Minas e nas Plantas de Beneficiamento:

Variável	Tipo de Distribuição
Custo Operacional da Mina R\$/ton	<b>Triangular</b>
	Máximo 5%
Custo Operacional da Planta R\$/ton	Mínimo 15%

**Quadro 6.5 Distribuição de Probabilidades para Custo Operacional**

Investimentos Pré Operacionais (CAPEX): estes valores são os gastos realizados para desenvolver uma mina e torná-la operacional ou construir uma planta de beneficiamento. Por

<sup>25</sup> Gerenciamento Pelas Diretrizes é um programa de gestão e desenvolvimento gerencial desenvolvido pelo Instituto Nacional de Desenvolvimento Gerencial – INDG que foi fundado pelo Professor Vicente Falconi Campos entre outras pessoas.



ser um dos gastos discretos mais relevantes e normalmente realizado no início de cada empreendimento, este item tem impacto importante no resultado econômico.

A equipe que dirige a MSOL tem em seu histórico recente a construção de 5 plantas de beneficiamento e desenvolvimento de 10 minas subterrâneas e 3 minas à céu aberto. Na sua equipe de gestores, a experiência média na condução do desenvolvimento de minas e plantas é de 30 anos. Desta forma, pode-se atribuir o mesmo grau de segurança aos estudos de engenharia que determinam os valores dos investimentos pré-operacionais.

A distribuição de probabilidade vai ser diferente conforme a fase dos estudos. Quanto mais avançada for a fase de estudos, maior será a precisão. Desta forma a distribuição de probabilidades para os investimentos pré operacionais será assim definida:

<b>Fase</b>	<b>Distribuição Triangular</b>
Semi Detalhe	+ / - 25%
Detalhe	+ / - 15%
Avaliação	+ / - 10%

**Quadro 6.6 Distribuição de Probabilidades para Capex por Fase**

### **6.5 Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Regional**

Os 4 projetos foram avaliados na sua fase regional aplicando o método do Quadrante de Avaliação do Potencial Geológico. Para testar o modelo optamos por estudar cada um dos alvos que já haviam sido avaliados. Tanto os alvos aprovados quanto os não aprovados foram avaliados de forma a aferir a decisão da MSOL sob a ótica do modelo proposto pelo Quadrante.

As notas para cada alvo são mostradas nas tabelas a seguir:

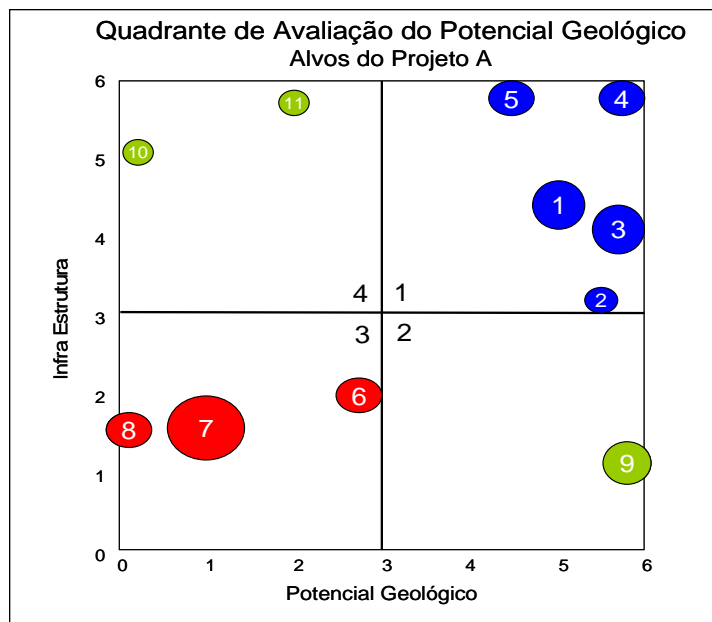
**O Projeto A** apresentou o maior número de alvos (11) com a maior área pesquisada. É um projeto novo com perspectivas para investimentos maiores e por isso devem buscar grandes volumes de recursos minerais.

**Tabela 6.1 – Resultado da Avaliação dos Alvos do Projeto A**

Alvos	Área Hec x 1.000	Potencial Geológico			Infra Estrutura		Total Pontos		Quadrante
		Tamanho do Depósito	Qualidade do Minério	Quantidade de minério por área	Condições Técnicas de Mineração	Infra Estrutura Local	PG	IE	
1	40	2	2	1	2	1	5	4,5	1
2	10	1	2	2	1	1	5	3	1
3	40	1	1	2	2	2	4	6	1
4	20	2	2	2	2	2	6	6	1
5	20	2	2	2	2	1	6	4,5	1
6	20	1	1	0	1	1	2	3	3
7	70	1	0	0	1	0	1	1,5	3
8	20	0	0	0	1	0	0	1,5	3
9	30	0	1	0	2	2	1	6	2
10	10	1	2	2	0	0	5	0	4
11	10	2	2	2	0	0	6	2	4

Fonte: baseado em dados internos da MSOL com adaptações

Como resultado das avaliações dos alvos do Projeto A é possível localizar cada alvo no Quadrante de Avaliação.



**Fig. 6.4 Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto A**

O resultado mostra que 5 dos 11 alvos devem receber investimentos para a próxima fase.

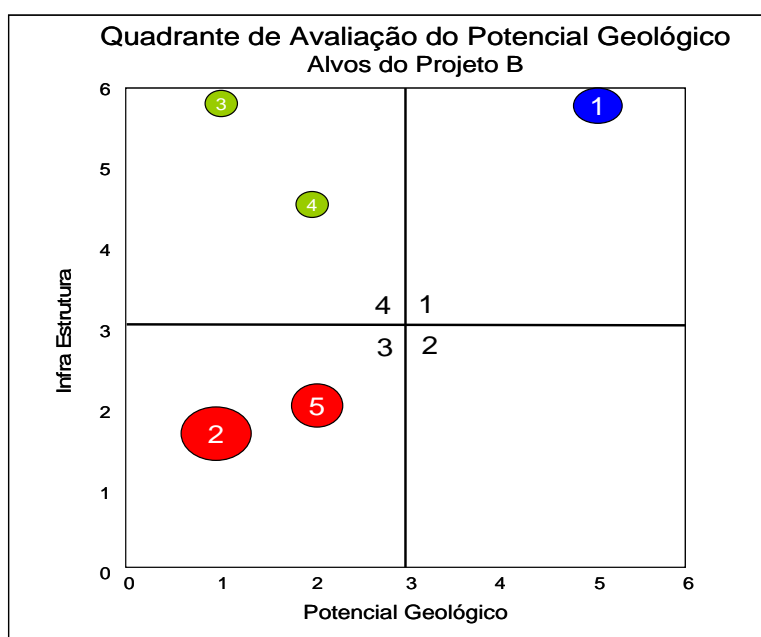
**O Projeto B** apresentou apenas 5 alvos com os seguintes resultados:

Tabela 6.2 Resultado da Avaliação dos Alvos do Projeto B

Alvos	Área Hec x 1.000	Potencial Geológico			Infra Estrutura		Total Pontos		Quadrante
		Tamanho do Depósito	Qualidade do Minério	Quantidade de minério por área	Condições Técnicas de Mineração	Infra Estrutura Local	PG	IE	
1	4	2	2	1	2	2	5	6	1
2	10	1	0	0	0	1	1	1,5	3
3	3	0	1	0	2	2	1	6	4
4	3	0	0	2	1	2	2	4,5	4
5	3	0	1	1	1	0	2	2	3

Fonte: baseado em dados internos da MSOL com adaptações

O resultado das avaliações permite localizar o alvo no Quadrante de Avaliação.



**Fig. 6.5 Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto B**

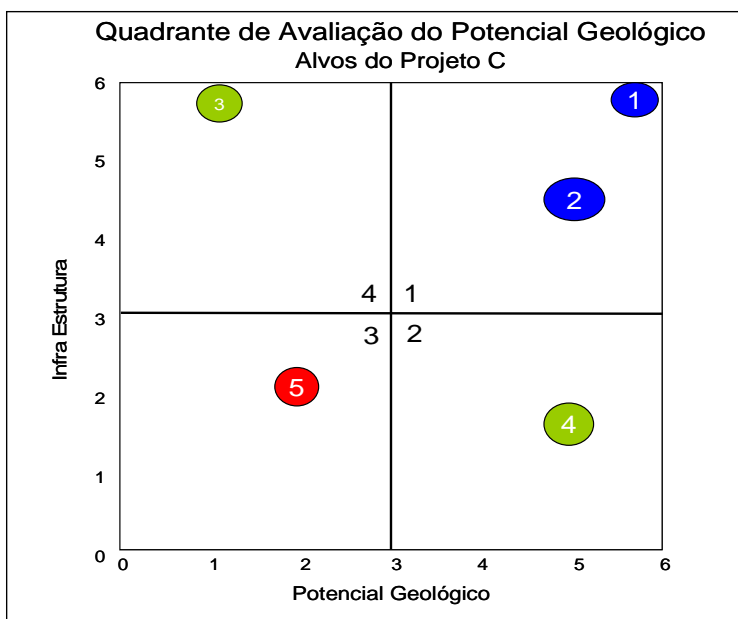
A avaliação mostra que apenas um dos alvos do Projeto B poderá ser aproveitado para a expansão da produção prevista para aquela área da MSOL.

**O Projeto C** apresentou da mesma forma 5 alvos com os seguintes resultados:

Tabela 6.3 Resultado da Avaliação dos Alvos do Projeto C

Alvos	Área Hec x 1.000	Potencial Geológico			Infra Estrutura		Total Pontos		Quadrante
		Tamanho do Depósito	Qualidade do Minério	Quantidade de minério por área	Condições Técnicas de Mineração	Infra Estrutura Local	PG	IE	
1	10	2	2	2	2	2	6	6	1
2	15	2	2	1	2	1	5	4,5	1
3	10	0	1	0	2	2	1	6	4
4	10	2	2	1	0	1	5	1,5	2
5	10	0	1	1	1	0	2	2	3

Fonte: baseado em dados internos da MSOL com adaptações



**Fig. 6.6 Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto C**

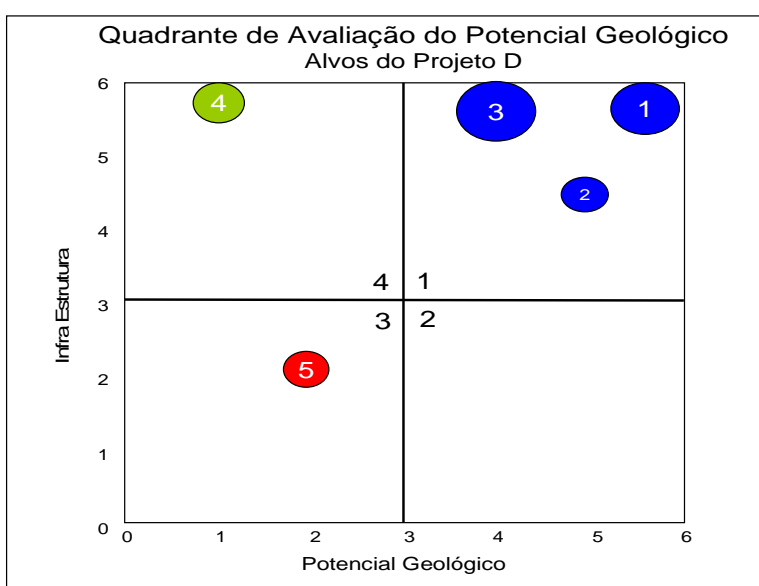
O Projeto C teve 2 alvos aprovados para serem avaliados na fase seguinte.

**O Projeto D** apresentou 5 alvos com os seguintes resultados:

Tabela 6.4 Resultado da Avaliação dos Alvos do Projeto D

Alvos	Área Hec x 1.000	Potencial Geológico			Infra Estrutura		Total Pontos		Quadrante
		Tamanho do Depósito	Qualidade do Minério	Quantidade de minério por área	Condições Técnicas de Mineração	Infra Estrutura Local	PG	IE	
1	15	2	2	2	2	2	6	6	1
2	12	2	2	1	2	1	5	4,5	1
3	19	1	1	2	2	2	4	6	1
4	18	1	1	0	2	2	2	6	4
5	9	0	1	1	1	0	2	2	3

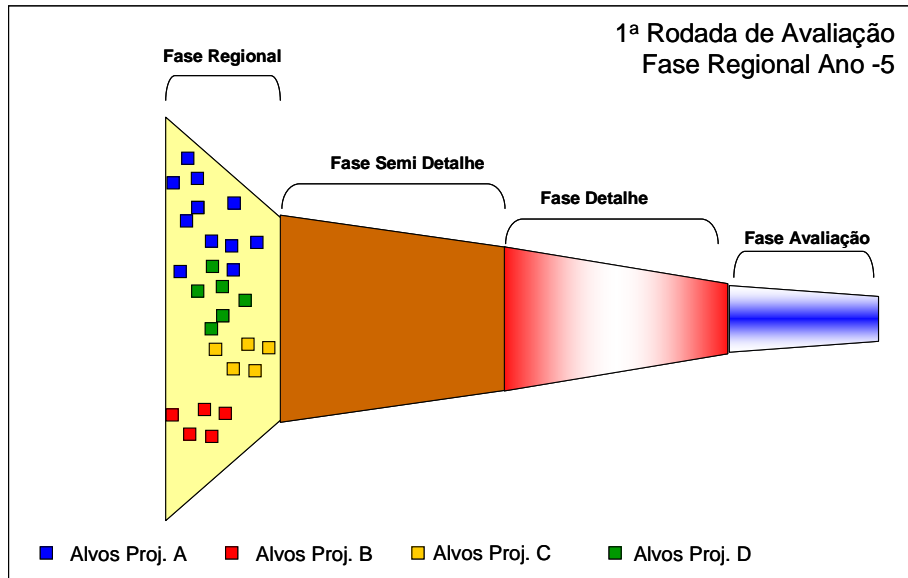
Fonte: baseado em dados internos da MSOL com adaptações



**Fig. 6.7 Quadrante de Avaliação dos Alvos do Projeto D**

O Projeto D teve 3 dos seus 5 alvos aprovados para a próxima fase.

O resumo da Fase Regional é mostrado no Funnel onde os projetos que entraram para a 1ª rodada de avaliação são mostrados entrando no Funnel. Conforme Clark e Wheelwright a “boca larga” do Funnel permite que vários alvos sejam avaliados.



**Fig. 6.8 Status do Funnel na 1ª rodada de avaliação.**

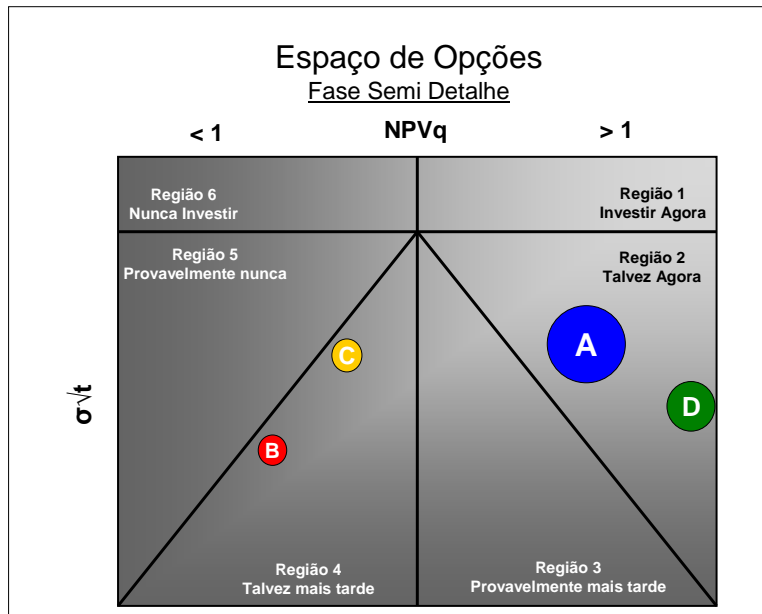
### 6.6 Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Semi Detalhe.

A partir da Fase de Semi Detalhe será utilizado o modelo econômico para seleção dos projetos e priorização dos recursos de pesquisa e desenvolvimento. O modelo econômico foi discutido no Capítulo 5. Os resultados das planilhas podem ser observados no Apêndice III. O resumo dos resultados é apresentado a seguir:

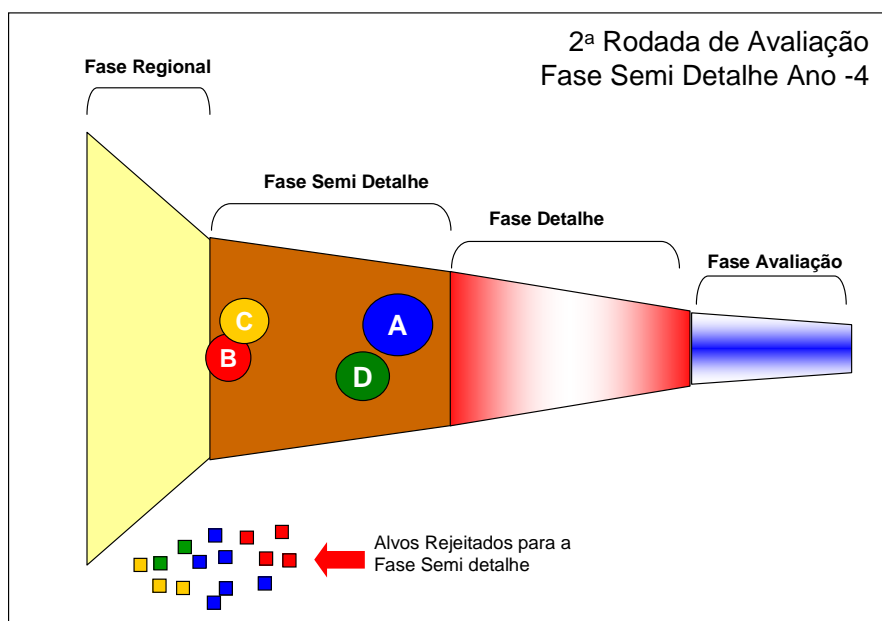
**Tabela 6.5 Resultados da Fase de Semi Detalhe**

Fase	Variável	Projeto			
		A	B	C	D
Semi Detalhe	S	130.403.020	8.120.828	37.813.426	35.623.013
	PV(X)	87.234.225	18.998.628	43.518.519	13.888.889
	NPV	43.168.795	-10.877.800	-5.705.093	21.734.124
	NPVq	1,50	0,427	0,87	2,56
	$\sigma \sqrt{t}$	0,32	0,62	0,33	0,44
	B&S	0,35	0,03	0,06	0,69
	Valor da Opção	45.641.057	243.625	2.268.806	24.579.879
	P&D	4.779.399	1.028.272	1.871.323	3.939.082

A representação destes resultados no Espaço de Opções, conforme proposto no Capítulo 5 demonstra que os projetos, A e D apresentam boas perspectivas após os trabalhos de pesquisa na Fase de Semi Detalhe. Já os projetos B e C apresentam retorno negativo onde o NPV é menor que zero. Entretanto, o projeto C apresenta o valor da opção equivalente a 50% do NPV o que permite avaliar sua permanência. O projeto B já se mostra com pequenas perspectivas e poderia ter seus trabalhos suspensos ou mesmo ser descartado.



**Fig.6.9 – Espaço de Opções na fase de Semi Detalhe**



**Fig. 6.10 Status do Funnel na 2ª rodada de avaliação.**

## 6.7 Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Detalhe.

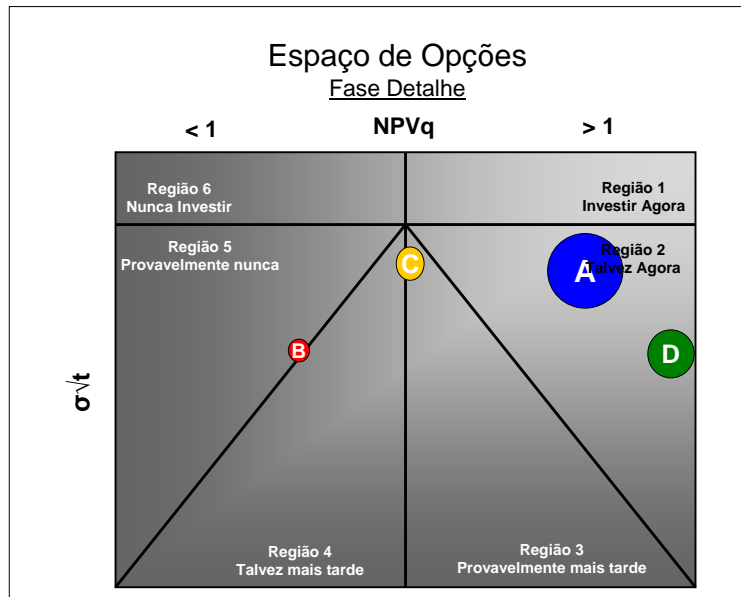
Nesta fase a pesquisa geológica avança buscando reduzir a incerteza sobre os recursos minerais. Alguns projetos apresentaram aumento dos recursos minerais o que possibilita o aumento da vida útil do projeto causando impacto positivo no resultado econômico conforme pode ser observado no Apêndice IV. Os resultados resumidos são apresentados:

Tabela 6.6 Resultados da Fase de Detalhe

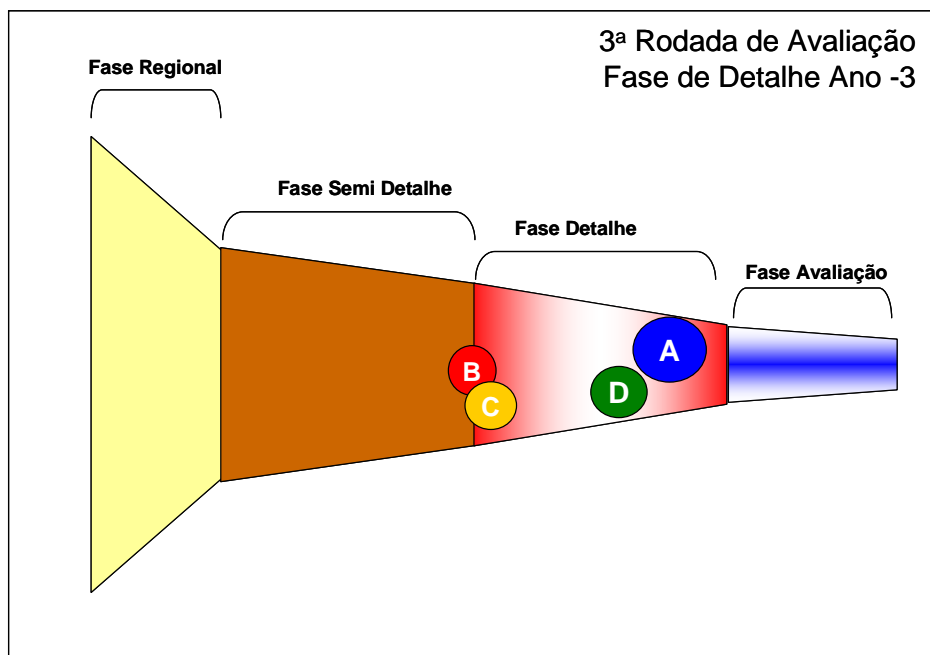
Fase	Variável	Projeto			
		A	B	C	D
Detalhe	S	146.683.641	8.989.945	49.658.873	37.867.362
	PV(X)	87.448.560	18.998.628	45.370.370	13.888.889
	NPV	59.235.082	-10.008.683	4.288.503	23.978.474
	NPVq	1,68	0,47	1,09	2,73
	$\sigma \sqrt{t}$	0,18	0,31	0,16	0,34
	B&S	0,41	0,01	0,10	0,75
	Valor da Opção	60.140.293	89.899	4.965.887	28.400.522
	P&D	5.200.720	1.061.947	3.603.101	4.351.163

Os projetos A e D que já se apresentavam com boas perspectivas confirmaram sua tendência não só com a redução das incertezas técnicas, mas principalmente com o aumento dos recursos minerais durante a segunda fase de pesquisas geológicas.

No entanto o projeto B não apresenta melhorias significativas mesmo após os trabalhos mais detalhados de pesquisa geológica. Sua posição no Espaço de Opções sugere sua exclusão. Uma análise do Projeto C, por outro lado mostra uma reversão do quadro que antes mostrava um resultado negativo, mas um valor de opção que indicava elevado potencial para apresentar melhorias. Além da redução da incerteza, o projeto foi beneficiado pelo aumento dos recursos minerais o que ampliou sua vida útil.



**Fig. 6.11 Espaço de Opções na fase de Detalhe**



**Fig. 6.12 Status do Funnel na 3ª rodada de avaliação**

O montante necessário para cumprir a última etapa de pesquisas geológicas demandaria US\$ 14.261.000. Deste total o Projeto B representa 7,4%. Diante de uma restrição de recursos para pesquisa geológica, este projeto poderia ser postergado por 2 anos usando os limites de tempo impostos pela legislação mineral brasileira (vide Quadro 6.2 item 6.3).



## 6.8 Aplicação do Modelo e os resultados na Fase Avaliação

Para que o estudo do caso fosse completo, mantivemos todos os projetos nesta fase, usando os resultados das pesquisas realizadas em todas as áreas, inclusive o Projeto B. Os detalhes são apresentados no Apêndice V. O resumo dos resultados é mostrado a seguir.

Tabela 6.7 Resultados da Fase de Avaliação

Fase	Variável	Projeto			
		A	B	C	D
Avaliação	S	213.226.588	14.360.139	56.296.176	50.255.438
	PV(X)	87.448.560	20.370.370	41.780.979	13.888.889
	NPV	125.778.028	-6.010.231	14.515.198	36.366.549
	NPVq	2,44	0,71	1,35	3,62
	$\sigma\sqrt{t}$	0,10	0,15	0,09	0,04
	B&S	0,60	0,00	0,25	1,00
	Valor da Opção	127.935.953	14.360	14.074.044	50.255.438
	P&D	0,00	0,00	0,00	0,00

Devemos observar que não existem mais gastos a serem realizados com pesquisa. Todos os estudos necessários para a decisão já foram realizados e do ponto de vista do planejamento estratégico da MSOL, os projetos tem entre 1 ou 2 anos para seu exercício de opção. O Espaço de Opções demonstra a redução das incertezas através da redução do índice que representa a volatilidade.

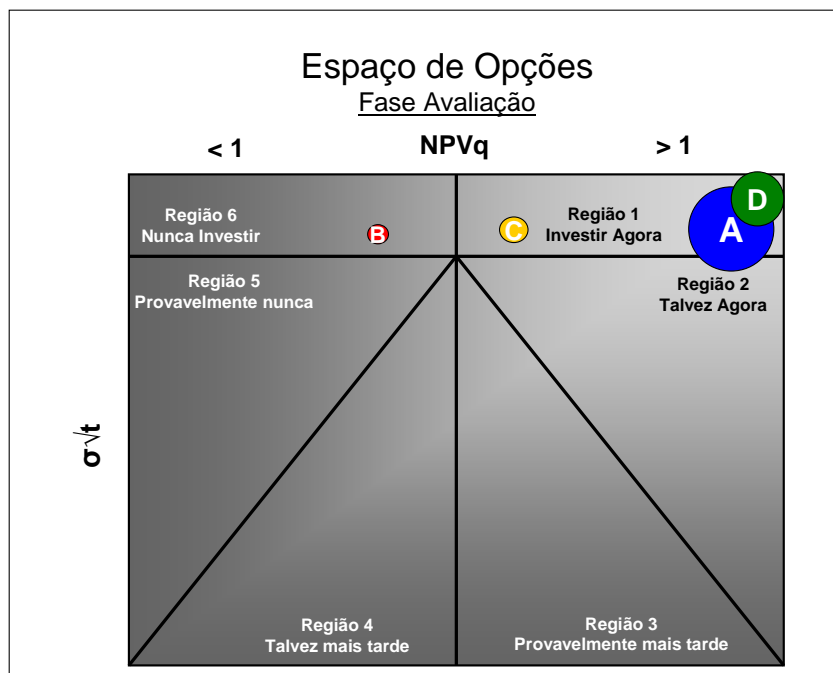
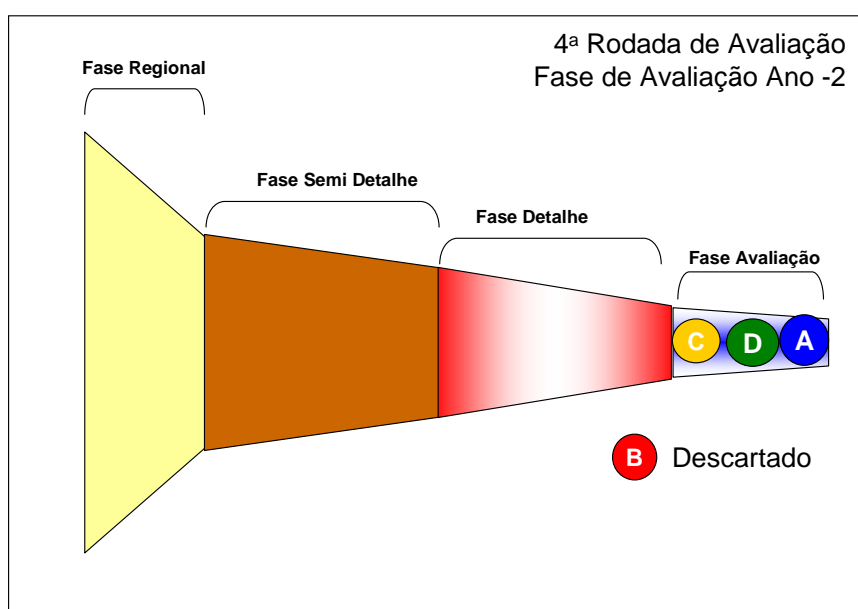


Fig. 6.13 Espaço de Opções na fase de Avaliação

Os projetos A e D confirmaram sua tendência e apresentaram não só uma redução importante da incerteza, mas também o aumento do valor do negócio decorrente do aumento dos recursos minerais como resultado das pesquisas geológicas. Por outro lado o Projeto B não apresentou nenhuma melhoria importante e seus resultados confirmam a necessidade de eliminá-lo do portfólio de projetos. Já o Projeto C apresentava na Fase de Semi Detalhe NPVq menor que 1 mas um valor de opção positivo. Após duas rodadas de investimentos em pesquisa geológica, o projeto confirmou sua tendência positiva e passou a ser um projeto promissor a ser recomendado para expansão conforme sua proposta.

O resumo do trabalho da última rodada de avaliações é mostrado a seguir com o Status do Funnel.



**Fig. 6.14 Status do Funnel na 4ª rodada de avaliação**

## 6.9 Comentários finais sobre o estudo de caso

Ao estudarmos o caso da MSOL com seu plano de investimentos em pesquisa geológica combinamos diversas disciplinas conforme mostramos no Quadro 6.1 no item 6.2.2. Este modelo de gestão é semelhante ao modelo aplicado na MSOL. Entretanto, as decisões sobre investimento em pesquisa geológica carecem de uma melhor estruturação e o modelo sugerido serve como integrador de todas as disciplinas e por isso pretende facilitar os tomadores de decisão na sua tarefa constante de gerenciar investimentos.

Os quatro projetos estudados representam bem a realidade da MSOL. Entretanto, se compararmos este estudo com o que aconteceu na MSOL dos dois anos anteriores à coleta de dados, o número de projetos era substancialmente maior. Nosso levantamento mostra que 4

projetos como estes representam apenas um terço de todos os projetos que normalmente estão sendo gerenciados simultaneamente. Além disso, estes projetos estão distribuídos em fases diferentes dentro do Funnel.

O método proposto poderá lidar com estas questões: número substancialmente maior de projetos e projetos em fases diferentes. Entendemos que seria necessário agregar controles mais sofisticados para que as rodadas de avaliação aconteçam de forma sistemática e em prazos adequados, talvez sincronizando os *marcos* de cada projeto de pesquisa. Este é um dos pontos a serem acrescentados ao método.

Para resumir o trabalho numa forma temporal, mostramos tanto o Funnel quanto o Espaço de Opções nas suas 4 fases em um único quadro. Esta visão resume o funcionamento do método.

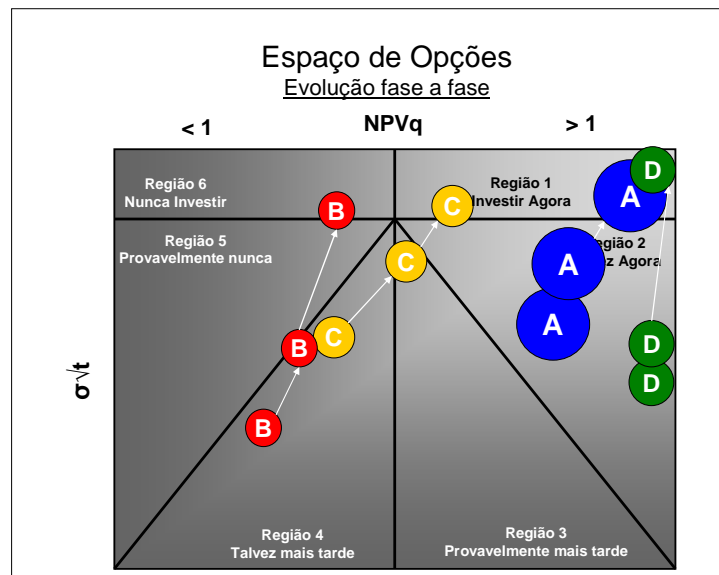


Fig. 6.15 Espaço de Opções e a evolução dos projetos

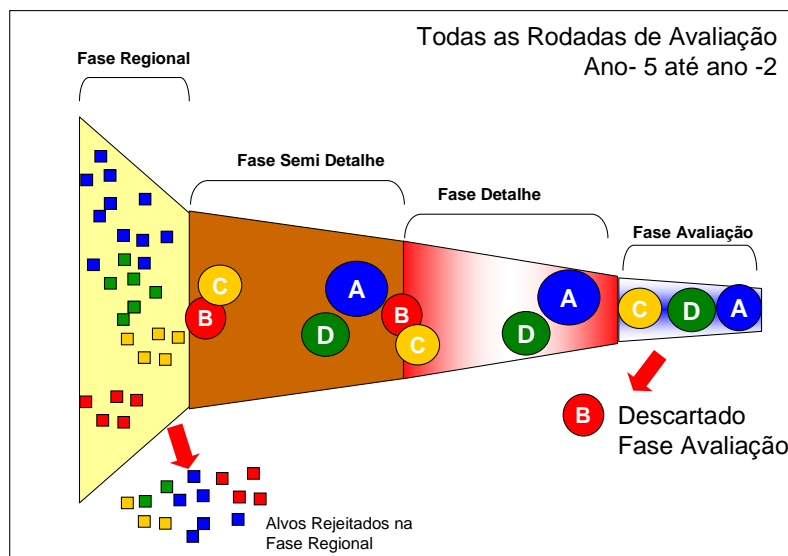


Fig. 6.16 Funnel em todas as rodadas de avaliação

## 7 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi demonstrar a utilização de técnicas de avaliação de investimento e de gestão de portfólio de projetos de pesquisa aplicada a gestão de projetos de pesquisa geológica. Estudamos 4 abordagens:

- a) A indústria de Mineração e a atividade de Pesquisa Geológica;
- b) A construção da estratégia das empresas e sua execução;
- c) As técnicas de gestão de portfólio de projetos em especial o Funnel e a tecnologia de *Stage Gate*<sup>®</sup>.
- d) As técnicas de avaliação de investimentos com ênfase no Modelo de Opções de Preços de Black e Scholes, e a Simulação de Monte Carlo.

A integração destas abordagens permitiu proposição de um procedimento de gestão de portfólio de projetos de pesquisa geológica que foi aplicado através de um estudo de caso em uma mineradora de ouro com operações no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais.

Este estudo de caso, apesar da limitação no número de projetos estudados, permitiu avaliar o procedimento através da comparação dos resultados do procedimento proposto com as decisões previamente tomadas pelos gestores atuais, que chamamos de usuários. Desta forma, foi possível chegar a algumas poucas conclusões e várias propostas de novos estudos em torno do mesmo tema.

### 7.1 Análise dos Resultados

Os testes realizados coletaram um volume pequeno de informações se comparado com o volume de informações gerenciado pela Equipe da empresa onde os testes foram realizados. Normalmente a MSOL estuda entre 8 e 20 projetos de pesquisa simultaneamente. Entretanto, o volume de dados e informações permitiu efetuar comparações entre os resultados alcançados pelo procedimento proposto com as decisões tomadas em cada caso. Esta comparação só foi possível porque selecionamos os dados de projetos cujos ciclos já haviam sido concluídos. Assim, a limitação no volume de dados permitiu uma análise mais profunda dos dados e resultados o que, diante dos prazos disponíveis para a pesquisa e dos propósitos de uma dissertação foram bastante razoáveis.

Nossas observações indicam que:

- a) O procedimento mostrou ser de fácil implementação em uma empresa de mineração estruturada, como é o caso da MSOL. Aproveitamos os procedimentos de discussão entre os geólogos, os dados geológicos e econômicos além dos modelos de Fluxo de Caixa já

existentes para poder efetuar análises comparativas. Introduzimos apenas dois conceitos novos – Volatilidade dos Retornos que foi medida através da Simulação de Monte Carlo e o Modelo de Opções de Preços – e aproveitamos conceitos já conhecidos pelos usuários mas, que não eram utilizados como a distribuição de probabilidades quanto a incerteza das reservas e recursos minerais.

- b) Os resultados do foram compreendidos com relativa facilidade pelos usuários que participaram dos testes. Uma das razões detectadas para esta facilidade foi que o procedimento acrescentou apenas um conceito novo – o valor da opção – o que uma implantação pode ser bem aceita pelos usuários;
- c) Conforme observado anteriormente, a comparação dos resultados obtidos pelo procedimento proposto com aquelas tomadas pelos gestores foi semelhante. Esta observação por isolada pode levar o leitor a concluir que o valor do procedimento é pequeno ou nenhum. Entretanto, o fato dos resultados terem sido os mesmos está muito mais ligado a seleção dos projetos para os testes e não propriamente ao valor do procedimento. Entretanto, dois fatos foram observados e mostram ser necessário maior aprofundamento.
  - i. O primeiro foi a clareza com que o procedimento mostrou que o projeto B poderia ser descartado já na fase de Semi Detalhe quando menos de 20% dos gastos com pesquisa haviam sido feitos. Nos procedimentos normais, a decisão de descartar a área só foi tomada na fase de avaliação quando todo o valor das pesquisas já havia sido gasto. Não podemos concluir, entretanto, que o procedimento é capaz de orientar esta decisão. Mas através de mais podemos estudos avaliar se a decisão tardia dos gestores não teria ocorrido pelo excesso de projetos o que normalmente resulta em pouca profundidade nas análises principalmente porque o projeto B era pequeno quando comparado tanto aos projetos da amostra quando aos projetos que normalmente a MSOL conduz.
  - ii. O segundo fato, este inesperado, foi a relação do **Valor da Opção** obtido através do cálculo final do MOP com o valor a ser gasto com a próxima fase de pesquisa. Em todos os casos em que o procedimento indicava a decisão de continuar investindo nas pesquisas, o valor da opção era superior ao valor a ser gasto nas pesquisas geológicas. Entretanto, no caso do Projeto B os resultados da Fase de Semi Detalhe já indicavam que a Opção de Continuar com as pesquisas e, portanto com os gastos, não se mostrava correta (veja Tabela 6.5).

- iii. Ainda quanto ao **Valor da Opção** , durante as discussões entre os usuários, houve a sugestão de analisar se estes projetos, na fase em que estavam poderiam ser lançados como parte dos ativos da empresa o que poderia aumentar o valor de mercado da empresa e permitir maior alavancagem da empresa. Esta idéia terá que ser estudada sob a ótica contábil e de mercado após testes mais amplos com uma amostragem maior e em mais empresas.

## **7.2 Limitações do procedimento**

Os testes também demonstraram algumas fragilidades do procedimento. Duas ficaram bastante claras:

- a) **Portfólio Otimizado**: este procedimento não pode gerar soluções ótimas de portfólio. Observando os resultados do procedimento, quando agrupados no Funnel, concluímos que não se trata de um portfólio ótimo quando pensamos que a função objetivo seria maximizar o retorno dos projetos tendo como restrição o montante a ser investido nos projetos de pesquisa geológica. O procedimento permite que sejam descartados os projetos que não atendem as metas de atratividade e poderia ser usado para ranquear todos os projetos e priorizá-los para o caso de limitação de recursos. Mas esta priorização não poderia ser considerada ótima.
- b) **Definição de Valor para os Projetos**: o procedimento também não foi construído para avaliar os projetos individualmente e suportar decisões após a fase de avaliação. Para suportar estas decisões, considerando todos os estudos realizados para este trabalho, o método mais adequado seria a Teoria de Opções Reais – TOR. Vários trabalhos sobre o uso de Opções Reais na avaliação de empreendimentos minerais foram publicados entre eles estudamos Moel e Tufano (1998) sobre a Mina de Zinco e Cobre de Antamina no Peru, Schumacher (2002) com aplicação em uma mina de ouro e Melin (2008) em projetos de minas de metais básicos.
- c) **Domínio sobre as incertezas técnicas**: para que este procedimento tenha sucesso e seja adotado por empresas na gestão de seus portfólios de projetos de pesquisa geológica, é necessário que as pessoas que formam a equipe de tomadores de decisão tenham domínio sobre as informações usadas no modelo econômico – FCD. É deste modelo que extraímos as principais métricas para o Espaço de Opções. No caso de projetos de pesquisa geológica e projetos de mineração, o conhecimento das incertezas técnicas tem um peso elevado no modelo. Por isso, ter domínio da distribuição de probabilidades sobre o volume e teores dos recursos minerais em cada uma das fases e da mesma forma dominar

as variáveis operacionais (custo, rendimentos e valor dos investimentos) é fundamental. A manipulação destas variáveis pode levar a conclusões erradas e decisões que acarretem ineficiência do portfólio ou perda de oportunidades.

### **7.3 Importância deste procedimento para empresas de mineração**

Com poucos testes e ainda em fase de evolução, este procedimento não alcançou o nível de método de trabalho. Entretanto, os testes identificaram possibilidades de aplicação em empresas de mineração. Estas possibilidades foram identificadas durante as discussões<sup>26</sup> dos resultados dos testes.

Ficou claro que o procedimento proposto poderá ajudar na gestão do portfólio de projetos de pesquisa geológica. Identificamos a necessidade de um método que organize seu fluxo de trabalho através da formalização dos processos de P&D e da definição de métricas e indicadores para suporte a decisão.

Este procedimento procurou abordar tanto a formalização do processo quanto a definição de indicadores. Por isso o procedimento pode ser importante para empresas de mineração na medida em que a pesquisa geológica está na base da sua estratégia de negócio sendo um dos itens permanentes nos planos de investimentos das empresas mineradoras: o valor declarado para Pesquisa Geológica pela Vale em seu relatório ao mercado<sup>27</sup> indica um total acumulado entre 2004 e 2008 de R\$ 6,54 Bilhões enquanto a Petrobrás planeja investir US\$17,5 Bilhões em Pesquisa Geológica entre 2009 e 2013<sup>28</sup>. Investimentos deste porte demandam processos bem gerenciados.

Em discussões sobre os propósitos deste trabalho com os executivos do setor mineral, fomos alertados de que uma aplicação a ser comprovada para este método é da valorização dos alvos e projetos como parte do ativo das empresas. Atualmente as empresas apresentam os trabalhos de pesquisa geológica como parte do seu potencial de crescimento. A aplicação deste procedimento poderia destacar os alvos e projetos de forma clara, através do valor da opção e desta forma estabelecer o valor do projeto como parte do ativo da empresa.

---

<sup>26</sup> Participaram das discussões: Engenheiro Bruno Melin, Geólogo Jaime Duchine, Engenheiro André Nascimento além do orientador, Professor Antônio Sérgio Souza.

<sup>27</sup> Relatório Trimestral para a CVM, Tabela 4.15 página 21.

<sup>28</sup> Apresentação a Analistas de Mercado pelo Eng. Eduardo Molinari Coordenador de E&P em 18/03/2009.

Da mesma forma, os alvos e projetos, tendo um valor identificado através do valor da opção, poderiam ser ofertados isoladamente ao mercado, como um certificado ou *warrant*<sup>29</sup> o que facilitaria o financiamento dos projetos de pesquisa geológica.

A importância do procedimento só poderá ser confirmada através do aprofundamento dos testes de forma que se alcance a condição de Metodologia de Gestão. Isso só será possível se o procedimento for implantado em mais de uma empresa e que seja utilizado por pelo menos 3 ciclos de planejamento contínuo passando por pelo menos duas revisões periódicas de orçamento.

#### **7.4 Proposta para continuidade dos estudos**

Ao concluir este trabalho, observamos falhas e dúvidas importantes. É exatamente no esclarecimento das dúvidas e no aperfeiçoamento das técnicas utilizadas é que baseamos a continuidade deste trabalho. A proposta de continuidade tem 5 pontos:

- a) Aplicação do procedimento em uma empresa de mineração envolvendo todo seu portfólio sendo usada de maneira formal, adotado como método de suporte a decisão. Esta proposta foi levada a *Jaguar Mining Inc* e deverá ser apreciada para uso já a partir de 2010 devendo ser mantida por pelo menos 3 anos consecutivos de forma que seus resultados sejam avaliados ao longo de toda seqüência de projetos.
- b) Estudo sobre a utilização do Valor da Opção calculado pelo procedimento proposto como meio de valoração dos alvos e projetos para oferta ao mercado, conforme descrito no item 7.3.
- c) Estudar métodos de otimização do portfólio de projetos levando em conta as seguintes considerações:
  - A otimização deverá ser aplicada após a obtenção das métricas do procedimento proposto, como um método seqüencial;
  - Definir o melhor método de otimização: Programação Dinâmica ou métodos não otimizantes;
  - Avaliar se as restrições e função objetivo podem ser alteradas com o tempo.
- d) Aprofundar os estudos sobre o comportamento estocástico das variáveis do modelo econômico, em especial as variáveis sujeitas ao risco de mercado que neste estudo foram tratadas como constantes.

---

<sup>29</sup> Termo usado pelas empresas com ações em bolsa para certificados especiais de débito com condições específicas de resgate.



- e) Incluir no procedimento a fase de implantação do projeto quando sua avaliação passa a ser feita por métodos tradicionais de FCD para atender às regras do mercado, mas incluir a análise de Opções Reais TOR que terá como dados de entrada os indicadores propostos nas fases anteriores. Desta forma o procedimento poderá ser adotado de forma integral em uma empresa.
- f) Estudar a automatização do procedimento através da construção de um sistema de informação baseado em Bancos de Dados Relacionais integrados e sistemas de Fluxos de Trabalhos baseados em Sistemas de Documentação Eletrônica.

## REFERÊNCIAS

ABBEL, D. Competing today while preparing for tomorrow. **Sloan Management Review**, Boston, V.40, 1999

AMRAN, M.; KULATILAKA, N. Strategy and shareholder value creation: the real options frontier. **Journal of Applied Corporate Finance**, v.13, n.2, 2000, p.15-28.

AMRAN, M.; KULATILAKA, N. Disciplined decisions: aligning strategy with the financial markets. **Harvard Business Review**, jan-feb 1999a, p.95-104.

AMRAN, M.; KULATILAKA, N. Real Options: Managing Strategic Investments in an Uncertain World. **Harvard Business Review**, mar-abr 1999b, p.18-41.

ANTHONY, Robert; GOVINDARAJAN, Vijay. **Sistemas de Controle Gerencial**, 12<sup>a</sup> Edição. McGraw Hill. São Paulo. 2006

AIMM. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. **The JORC Code 2004 Edition**. JORC Austrália, 2004

BENNINGA, S. TOLKOWSKY, E. Real Options – An Introduction and An Application to R&D Valuation. **The Engineering Economist**. V47.2. 2002

BEINHOCKER, E. Robust Adaptive Strategies. **Sloan Management Review**, Spring 1999.

BETTER, M.; GLOVER, F. Selecting Project Portfolios by Optimizing Simulations. **The Engineering Economist**. V51. 2006

BLAU, G., PEKNY, J., VARMA, V., BUNCH, P. Managing a Portfolio of Interdependent New Product Candidates in the Pharmaceutical Industry. **Journal of Product Innovation Management**. 21:227–245,2004

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v.81, n.3, p.637-654, may/jun. 1973

BOYLE, P. P.; Options: a Monte Carlo approach. **Journal of Financial Economics**, v.4, p.323-338, 1977

BRASIL, H. **Avaliação Moderna de Investimentos**. Qualitymark Editora. Rio de Janeiro. 2002

BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. Evaluating natural resource investments. **Journal of Business**, v.58, n.2, 1985.

BURGELAN, R.; MAIDIQUE, M. **Strategic Management of Technology and Innovation**. Homewood. 1988

BUSINES MONITOR, **Brazil Mining Report**, 2008

CHAFFEE, Ellen. Three Models of Strategy. **Academy of Management Review**, Vol 10, Nr. 01. 1985

CHILDS, P;OTT, S;TRIANI, A. Capital Budgeting for Interrelated Projects: A Real Options Approach in **Real Options na Investment Under Uncertainty. Classical Reading and Recent Contributions** by SCHWARTZ, E; TRIGEORGIS, L. The MIT Press. 2004

CLARK, K.; WHEELRIGHT S. **Managing New Products and Process Development**. The Free Press. Nova York. 1993.

CIM - Canadian Institute for Mining and Metallurgy **Definition Standards for Mineral Resources and Mineral Reserves**. 2005

COOPER, R. The Stage-Gate<sup>®</sup> Idea-to-Launch Process – Update, What’s New, and NexGen System. **Journal Product Innovation Management**. V25, 2008

COOPER, R.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT E. Portfólio Management in New Product Development: Lessons from the Leaders – I. **Research Technology Management**. V40-5. 1997a

\_\_\_\_\_. Portfólio Management in New Product Development: Lessons from the Leaders – II. **Research Technology Management**. V40-6. 1997b

\_\_\_\_\_. New Product Portfólio Management: Practices and Performance. *Journal of Product Innovation Management*, 16. 1999.

\_\_\_\_\_. Portfólio management for New Product Development: Results of an industry practices study. **R&D Management** 31. 2001.

CVM – Comissão de Valores Mobiliários, **Recomendação nº 457**, 2007

CORTAZAR, G; CASASSUS, J. “Optimal Timing of a Mine Expansion: Implementing a Real Options Model”. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, V 38. 1998.

CORTAZAR, G; SCHWARTZ, E; CASASSUS, J. “Optimal exploration investment under price and geological- technical uncertainty: a Real Option Model”. **R&D Management**, V 31, 2 p181-189. 2001.

COPELAND, T; ANTIKAROV, V. **Opções Reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

COX, J; ROSS, S; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, v.7, p.229-263, 1979.

CSA - **Canadian Securities Association**. NI 43.101 - National Instrument 43-101. Standards of Disclosure for Mineral Projects. Toronto. Canadá. (2001)

DAMODARAN, Aswath. **Finanças Corporativas – Teoria e Prática**. Bookmann. São Paulo. 2001.

\_\_\_\_\_. **Investment Valuation**. John Wiley & Sons. Inc Nova York. 2002

DAVIS, A Economic Methods of Valuing Mineral Assets. **ASA/CIBV 5th Joint Business Valuation Conference. Orlando, Florida October, 2002**. 2002

DEMIRAKOS, E.; STRONG, N.; WALKER, M. What Valuation Models Do Analyst Use? **Accounting Horizons**, 18: 221-240. 2004

DIMITRAKOPOULOS, R. **Risk Assessment for Ore Reserves and Mine Planning: Stochastic Simulation Application for the Mining Industry**. McGill University. Departamento de Mineração, Metalurgia e Materiais. Laboratório de Planejamento Mineral Estocástico. Canadá. Material de Aula. 2008

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM – **Relatório Anual Vol I**. (2007a)

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM - **Relatório Anual Vol II**. (2007b)

DIAS, M. A. G. Opções Reais híbridas com aplicações em petróleo. Tese (Doutorado), **Departamento de Engenharia Industrial, PUC-RIO**, Rio de Janeiro, 2005.

DIAS, M. Análise de Investimentos com Opções Reais – O Caso da Mina de Antamina no Peru. **Aula IND 2072. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia de Produção**. 2006

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1994.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. The options approach to capital investment. In: SCHWARTZ, E. S.; TRIGEORGIS, L. (Ed.) **Real Options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions**. Cambridge: The MIT Press, 2001, p.61-78.

DUCHINI, J. Estruturação Interna para Planejamento e Pogramação dos Serviços de Exploração. **Procedimento Padrão de Mineração Serras do Oeste Ltda**. Belo Horizonte. 2006

EISENHARDT, K. Building Theories from Case Study Research. **The Academy of Management Review**. V.14, No.4 Outubro, 1989

\_\_\_\_\_. Strategy as Strategic Decision Making. **Sloan Management Review**, Spring, V40 n3 p65.72 1999.

FALCONI, V. **Gerenciamento Pelas Diretrizes**. Editora DG. Belo Horizonte. 2008

FEINSTEIN, S; LANDER, D. A Better Understanding of Why NPV Undervalues Managerial Flexibility. **The Engineering Economist**. 47:4. 2002

FELIX, J. **Prática de Mineração na Mina de Passagem** in O Ouro em Minas Gerais  
FERRAND, P. Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte, 1998.

FERRAND, P. **O Ouro em Minas Gerais**. Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte. 1998

GERSDORFF, Ralph. **Prática da Engenharia Econômica no Brasil**. Zahar Editores. 1978.  
São Paulo.

GLASSERMAN, P. **Monte Carlo methods in financial engineering**. New York: Springer-  
Verlag, 2004, pp.596.

GIANETTI, Eduardo. **O Valor do Amanhã**. Companhia das Letras. São Paulo. 2005

GITMAN, L. **Princípios de Finanças Corporativas**. Pearson Education. 10ª Edição, São  
Paulo, 2001

GITMAN, L.; FORRESTER, J. A Survey of Capital Budgeting Techniques used by Major US  
Firms. **Financial Management** 6, 66-71. 1977

GRIFFIN, A., BARCZAK, G., KAHN, K.. PERSPECTIVE: Trends and Drivers of Success in  
NPD Practices: Results of the 2003 PDMA Best Practices Study. **Journal of Product  
Innovation Management**. V26. 2003.

GRIFFIN, A. PDMA Research on New Product Development Practices: Updating Trends  
and Benchmarking Best Practices. **Journal of Product Innovation Management**. V14, 429-  
458, 1997.

HAX, Arnoldo; MAJLUF, Nicolas. **The Strategy Concept and Process**. Prentice Hall, New  
Jersey. 1992

HIRSHLEIFER, J. On Theory of Optimal Investment Decision. **Journal of Political  
Economy**, 66, Agosto, 1958.

HULL, J. C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. São Paulo: Bolsa de  
Mercadorias e Futuros, 2005.

Istvan, R. "Business Chess" **Boston Consulting Group**. 2000. Acesso ao site  
[www.bcg.com/impact\\_expertise/publications](http://www.bcg.com/impact_expertise/publications) em 21 de Outubro de 2008.

JAGUAR Mining Inc. **Corporate Presentation**. Janeiro 2009.

\_\_\_\_\_. **Corporate Presentation**. Maio 2007

JORC - AUSTRALASIAN CODE for Reporting of Explorations Results, Mineral Resources  
and Ore Reserves. **The Jorc Code**. Austrália, 2004

KESTER, W. C. Today's options for tomorrow's growth. In: SCHWARTZ, E. S.;  
TRIGEORGIS, L. (Ed.) **Real Options and investment under uncertainty: classical  
readings and recent contributions**. Cambridge: The MIT Press, 2001, p.33-45.

\_\_\_\_\_, Turning Growth Options Into Real Assets In: AGGARWAL, R. **Capital Budgeting Under Uncertainty**. Prentice Hall. New Jersey. 1993 p:187-207

KIM, S.H; CRICK, T; KIM, S. Do Executives Practice What Academics Preach? **Management Accounting**. 68, 49-52. 1986

KUZVART, M; BOHMER, M. **Prospecting and Exploration of Mineral Deposits**. Elsevier. Amsterdan. 1978

LME. **London Metal Exchange**. [www.lme.co.uk](http://www.lme.co.uk). Site da Bolsa de Metais de Londres, acessado em 12 de Dezembro de 2008 e 7 de janeiro de 2009 para obtenção dos dados históricos da cotação do Ouro em US\$/Onça Troy. 2008

LUEHRMAN, T. What's It Worth? A General Manager's Guide to Valuation. **Harvard Business Review** Maio-Junho. 130-142 1997

\_\_\_\_\_. Investment opportunities as Real Options: getting started on the numbers. **Harvard Business Review**, jul-aug., p.51-67 1998a.

\_\_\_\_\_. Strategy as a portfolio of Real Options. **Harvard Business Review**, sep-oct., p.89-99, 1998b.

MACH, L; RIGBY, N. **NI 43-101 Technical Report. Monte Cristo Mine. Prometalica Mineração Ltda**. SEC Filing SEDAR. Toronto. Canadá (2006)

MACIEL, C. **Introdução à Geologia de Engenharia**. Editora UFSM. Santa Catarina. 2008.

MARANHÃO, R.J.L. **Introdução à Pesquisa Mineral**. Banco do Nordeste do Brasil. 3ª Edição. Fortaleza. 1985

MARKOWITZ, H. Portfólio Selection. **The Journal of Finance**. V.7.1. p 77-91, 1952

MELIN, B. Análise de Opções Reais de Um empreendimento de Mineração Utilizando Simulação de Monte Carlo. **Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Produção. UFMG**. 2008

MEREDITH, J; VINEYARD, M. A Longitudinal study of the role of Manufacturing Technology in Business Strategy. **International Journal of Operations & Production Management**. V.12, No. 12, pp 4-24. 1993.

MILLER, L. T.; PARK, C. S. Decision making under uncertainty – Real Options to the rescue? **The Engineering Economist**, v.47, n.2, 2002, p.105-149.

MINARDI, A. M. A. F. **Teoria de Opções aplicada a projetos de investimento**. São Paulo: Editora Atlas; 2004.

MINTZBERG, Henry; LAMPEL, Joseph. Reflecting on Strategy Process. **Sloan Management Review**. Spring 1999.

\_\_\_\_\_, Henry; AHLSTRAND, Bruce; LAMPEL, Joseph. **Strategy Safari: a guided tour through the wilds of strategic management**. Free Press, Nova York. 1998.

MOEL, A; TUFANO, P. Bidding for Antamina Mine: Valuation and Incentives in a Real Options Context. **Harvard Business School**. Obtido no site pessoal dos autores em Junho de 2008. Publicado em 1998.

MYERS, S. C. Finance theory and financial strategy. In: SCHWARTZ, E. S.; TRIGEORGIS, L. (Ed.) **Real Options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions**. Cambridge: The MIT Press, 2001, p.19-32.

PAGE, A. Assessing New Product Development Practices and Performance: establishing Crucial Norms. **Journal of Product Innovation Management**. V-10.4. 1993.

PADDOCK, J.; SIEGEL, D.; SMITH, J. Option Valuation of Claims on Physical Assets: the Case of OffShore Petroleum Leases. **Quarterly Journal of Economics**. V 103. 1988

PARK, C. S.; HERATH, H. S. B. Exploiting uncertainty – investment opportunities as Real Options: a new way of thinking in engineering economics. **The Engineering Economist**, v.45, n.1, 2000, p.1-36.

PORTER, Michael. **Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors**, 1980. The Free Press. Nova York

\_\_\_\_\_, Michael. What is Strategy. **Harvard Business Review**. November – December, 1996.

**Revista Brasil Mineral**. “Avaliação do Mercado de Ouro no Brasil e a Ação das empresas Juniores” 285. Junho, 2003.

**Revista Minério**. “Gestão de Custos: esta é a hora!” Edição Novembro 2008.

ROKLEY, Lawrence. **Capital Investments Decisions**. Business Books Limited. 1968. Londres.

SABOUR, S. A. A.; POULIN, R. Valuing real capital investments using the least-squares Monte Carlo method. **The Engineering Economist**, v.51, n.2, p.141-160, 2006.

SCHUMACHER, M.C. Uso de Opções Reais na Avaliação Econômica de Projetos do Setor Mineral. Dissertação de Mestrado. **Departamento de Geologia. UFRJ**. 2002

SMIT, H. T. J.; TRIGEORGIS, L. Strategic planning: valuing and managing portfolios of Real Options. **R&D Management**, v.36, n.4, 2006, p.403-419.

SMIT, H.; TRIGEORGIS, L. **Strategic Investment. Real Options and Games**. Princenton University Press. 2004

SCHWARTZ, E. S. The stochastic behavior of commodity prices: implications for valuation and hedging. **The Journal of Finance**, v.52, n.3, July, 1997.

SCHWARTZ,E.; TRIGEORGIS,L. Real Options and Investment under Uncertainty: An Overview. In: SCHWARTZ,E.; TRIGEORGIS,L (Ed.) **Real Options and investment under uncertainty: classical reading and recent contributions**. Cambridge: MIT Press,2004

STANDARD BANK. **Base Metals Report**. November, 2007. Nova York.

TORRIES, T. **Evaluation Mineral Projects: Applications and Misconception**. Society for Mining, Metallurg, and Exploration. 1998.

TRIGEORGIS, L. **Real Options: managerial flexibility and strategy in resource allocation**. Cambridge: The MIT Press, 1996.

TRIGEORGIS, L.; MASON, S. P. Valuing managerial flexibility. In: SCHWARTZ, E. S.; TRIGEORGIS, L. (Ed.) **Real Options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions**. Cambridge: The MIT Press, 2001, p.47-60.

TRIGEORGIS, L. The Nature of Options Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**. V.28, Nr 01. 1993.

VALE. Opções Reais aplicada à Indústria de Mineração. Estudo de Caso do Projeto Belvedere. Material interno da Vale apresentado em encontro sobre Análise de Investimentos. 2006

VOSS, C; TSIKRIKTSIS, N; FROHLICH, M. Case Research In Operations Management. **International Journal of Operations & Production Management**. V.22, N. 2, pp. 195-219. 2002.

Yin,R **Case Study Research**, Sage Publications, Beverly Hills, CA. Estados Unidos. 1994

URBAN, G; HAUSER,J. **Design and Marketing of New Products**. Prentice Hall. 1980

US DEPARTMENT OF LABOR – Bureau of Statistics. **CPI - Consumer Price Indexes**. Acesso através do site [www.bls.gov/cpi](http://www.bls.gov/cpi) em 07 de Janeiro de 2009

WRIGHT, P; PRINGLE,C; KROLL, M. Strategic Management, Text and Cases. Allyn and Bacon. 1992.



## APÊNDICE I

### LISTA DE PROJETOS DE MINERAÇÃO DEPOSITADOS NO SEDAR

#### Definições:

**SEDAR:** órgão ligado ao Canadian Securities Administrators - CSA responsável pela guarda de documentos relativos às empresas que operam nas bolsas de valores do Canadá e quer dizer “The System for Electronic Document Analysis and Retrieval” ou Sistema Eletrônico de Recuperação e Análise de Documentos. Os documentos podem ser acessados por qualquer pessoa através do site [www.sedar.com](http://www.sedar.com).

**CSA:** Canadian Securities Administrators é um fórum que reúne todas as entidades ligadas a regulamentação sobre fundos de investimentos, bolsas de valores e títulos públicos.

**NI 43.101:** É a norma Canadense que regula e orienta a apresentação de projetos de mineração para o público e investidores. Esta norma dá diretrizes sobre a forma de apresentação, a precisão dos dados, os tipos de metodologia aceitas para os estudos e quais as qualificações e certificações necessárias para pessoas e empresas possam ser responsáveis por estes estudos.

#### Projetos avaliados:

<b>Nome da Empresa</b>	<b>Tipo de Projeto</b>	<b>País</b>
<i>African Copper LLC</i>	Mina de Cobre	Botswana
<i>Allied Nevada Gold Corp</i>	Mina de Ouro	Estados Unidos
<i>Andina Minerals Inc</i>	Mina de Ouro	Chile
<i>Antamina Mine Ltda</i>	Mina de Cobre	Peru
<i>Anvil Mining Inc</i>	Mina de Cobre	Congo
<i>Australian Solomon Gold Inc</i>	Mina de Ouro	Guatemala
<i>Bear Creak Mining Corp</i>	Mina de Ouro	Peru
<i>Blue Note Mining</i>	Mina Polimetálica (Zn,PB,Au,Cu e Ag)	Canadá
<i>Centera Gold Inc</i>	Mina de Ouro	Mongólia
<i>Centamin Egypt Ltd</i>	Mina de Ouro	Egito
<i>Carpathian Gold Inc</i>	Mina de Ouro	Brasil
<i>Colossus Mineral Inc</i>	Mina de Ouro	Brasil

<i>Compania de Minas Buenaventura</i> <sup>30</sup>	Mina de Ouro	Peru
<i>Eastplats Platinum Limited</i>	Mina de Platina	África do Sul
<i>Jaguar Mining Inc</i> <sup>31</sup>	Mina de Ouro	Brasil
<i>Katanga Mining Limited</i>	Mina de Cobre	Congo
<i>Mirabela Nickel Limited</i>	Mina de Níquel	Brasil
<i>Moly Metals Austrália</i>	Mina de Molibdênio e Cobre	Austrália
<i>MMX Mineração S.A.</i>	Minério de Ferro	Brasil
<i>Osisko Mining Corporation</i>	Mina de Ouro	Canadá
<i>Pan American Silver Corporation</i>	Mina de Prata	México
<i>Quadra Mining Corporation</i>	Mina de Cobre	Estados Unidos
<i>Western Canadian Coal Limited</i>	Mina de Carvão	Canadá

**Total de 23 casos estudados.** Os dados coletados nestes estudos indicam que:

- 1 - Método de avaliação econômica utilizado é o Fluxo de Caixa Descontado através do Valor Presente Líquido: 23 dos 23 estudos
- 2 - A taxa de desconto em 10 casos é indicada por bancos. Em 5 foram adotadas mais de uma taxa estabelecendo uma “análise de sensibilidade do risco”. Em 5 casos as taxas foram definidas como o custo próprio de captação da empresa.
- 3 – Em todos os casos, pelo menos 50% do conteúdo das páginas dos estudos se referiam à comprovação dos recursos minerais. O restante do conteúdo era dedicado aos outros temas.

O que concluímos diante desta amostra de estudo é que:

- a. A prioridade dos estudos é a redução da incerteza sobre o volume dos recursos minerais e os teores dos minerais contidos nestes recursos. É a incerteza geológica.
- b. O Fluxo de Caixa Descontado e o *Pay Back* são as principais ferramentas de avaliação econômica.

<sup>30</sup> Os dados da *Buenaventura* foram extraídos de seu Site. Esta empresa tem suas ações listadas na bolsa de valores de Nova York e foi selecionada por sua experiência com minas de ouro.

<sup>31</sup> A *Jaguar Mining* foi utilizada como referência. Foram estudados 6 projetos e estudos realizados entre 2003 e 2008

- c. A taxa de desconto não recebe a atenção que observamos nos estudos acadêmicos. Não conseguimos chegar a uma conclusão sobre as razões para este comportamento, mas estimamos que a compreensão de outros métodos é pouco difundida entre os analistas.

**Outras informações:**

- Os investimentos se referem apenas aos gastos com as fases de engenharia, testes metalúrgicos, abertura da mina, construção da planta, contratação e treinamento de pessoal, fase pré-operacional, fase de comissionamento e capital de giro.
- Nos 11 projetos de minas de ouro avaliados, encontramos valores de investimento entre US\$ 45 e US\$ 140 Milhões. Estes valores têm relação com o tamanho do projeto que está ligada a taxa de produção de minério, tipo de mina e tipo de minério.
- As minas a céu aberto apresentam os menos valores de investimento proporcionalmente a taxa de produção enquanto os projetos com minas de sub solo e minérios complexos apresentam valores de investimentos proporcionais a taxa de produção mais elevados.
- Os relatórios analisados apresentaram em todos os casos VPL maiores que zero e taxas de descontos entre 8% e 15 % ao ano sendo o valor mais freqüente 10%.

## **APÊNDICE II**

### **RESUMO DAS ENTREVISTAS**

**Resumo da entrevista com Engenheiro Juvenil Félix, um dos fundadores da Jaguar Mining Inc, primeiro Presidente da Mineração Serras do Oeste Ltda. Realizada entre Junho de 2007 e Julho de 2008**

**1 – Sobre as estratégias da Jaguar Mining e da MSOL:**

A Jaguar busca ser reconhecida como uma empresa de crescimento rápido com foco na exploração e produção de ouro na região do Quadrilátero Ferrífero. Sua criação procurou posicioná-la em um nicho de atuação onde as grandes empresas do setor não tinham interesse estratégico, atuando assim não como concorrente e sim como parceria, potencializando os pontos fortes da MSOL com os pontos fortes das grandes empresas de mineração, na geração de novos empreendimentos minerais no Estado de Minas Gerais. Este é um dos pilares de sustentação da estratégia da empresa.

O segundo pilar de formação da estratégia da MSOL está o investimento em pesquisa geológica, que se confirma pela observação do histórico de sondagem realizada pela empresa que tendo iniciado em 2004 com 15.000 metros de sondagem vem tendo uma evolução contínua prevendo atingir 80.000 metros em 2009.

Finalmente o terceiro pilar da estratégia da MSOL é a uma obsessiva atenção em recursos humanos, que se iniciou com a contratação de um forte grupo de profissionais seniores, seqüenciada por um programa de treinamento de melhoria contínua de capacitação e formação de pessoas capazes de sustentar o plano de crescimento. Aliado a formação de pessoas estão as atividades de melhoria contínua dos processos de negócio com a contratação do INDG – Instituto Nacional de Desenvolvimento Gerencial, (fundado pelo Professor Vicente Falconi Campos). O objetivo é a implementação de Sistemas de Gestão compreendendo a formação de pessoas nas técnicas de Gerenciamento pelas Diretrizes, re-estruturação e implantação de Processos de Suprimentos e Proposição de um Sistema de Estruturação Organizacional que venha a atender ao Plano de Produção nos próximos 10 anos correspondente a um crescimento de 500% em relação ao ano de 2008.

**2 – Sobre a estratégia de investimentos:**

O primeiro ato para obtenção de recursos para investimentos consistiu em listar a empresa na Bolsa de Toronto, Canadá.

Os investimentos de curto e médio prazo foram baseados em aquisições de ativos em áreas conhecidas geologicamente por Brown Fields. Esta ação tenha como objetivo formar uma empresa de produção e exploração, focada na estratégia de ser mais atrativa na captação recursos em bolsas de valores. Os investimentos de médio prazo se referem também à pesquisa geológica e tem o objetivo de aumentar recursos minerais em áreas já operadas pela empresa além de investimentos para construção de novas unidades, geralmente plantas de beneficiamento e abertura de novas minas.

Os investimentos de longo prazo estão focados principalmente em pesquisa geológica em áreas de aquisição com alguma pesquisa já realizada e em áreas novas com informações incipientes - os Green Fields.

Os investimentos de curto prazo se referem à manutenção dos ativos operacionais para um horizonte de 18 a 24 meses. Os investimentos de médio prazo são para manter o negócio de 2 a 5 anos e os de longo prazo de acima de 6 anos.

### **3 – Sobre o estágio evolutivo das operações da MSOL:**

Minha experiência<sup>32</sup> na área de mineração indica que a MSOL está seguindo os resultados propostos em sua estratégia. Isso se comprova pela reposição de reservas minerais como resultado das pesquisas geológicas o que tem permitido o aumento consistente da produção além da ampliação da vida útil da empresa.

Da mesma forma os resultados na área de EHS ( Environmental, healths and safety), meio ambiente, saúde ocupacional e segurança do trabalho, definida como primeira prioridade pelo Conselho da Empresa, medidos através dos indicadores de segurança indicam que a MSOL atingiu resultados melhores que o benchmarking da industria mineral brasileira em operações similares.

---

<sup>32</sup> O Engenheiro Juvenil Félix é formado em Engenharia de Minas, Metalurgia e Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto na turma de 1961 e Administração de Empresas pela UNA em 1972. Atou em empresas privadas e órgãos governamentais onde elaborou estudos sobre não ferrosos publicado em 1973. Foi Diretor e Presidente de AngloGold no Brasil onde se aposentou em 1998. Em 2002 fundou, junto com outros profissionais, Jaguar Mining e da MSOL.

**Entrevista com o Economista e Contador, Cleber Moreira Macedo, Diretor Financeiro da Mineração Serras do Oeste Ltda MSOL. Realizada em 23 e 25 de Junho de 2008**

**1 – Sobre a relação da Jaguar Mining com o mercado.**

A divulgação das informações sobre resultados operacionais, resultados econômicos, e sobre as projeções econômicas e financeiras segue os regulamentos das Bolsas de Valores onde a Jaguar tem suas ações negociadas. Estas regras são muito claras e visam proteger os investidores e dar transparência aos negócios das empresas. O não cumprimento destas regras pode levar a empresa e seus dirigentes a sofrer punições administrativas e até penais dependendo da gravidade dos erros ou omissões. Neste sentido a Jaguar procura manter um programa de comunicados e segue a risca todas as recomendações de sua auditoria externa.

**2 – Sobre o controle de custos operacionais e de investimentos.**

Os primeiros projetos da MSOL geraram um importante aprendizado para a empresa. Hoje o controle de custos é muito mais eficaz detectando desvios e tendências muito antes de se tornarem problemas. Isso nos permite atuar antecipadamente com correção eficazes. O mesmo aconteceu com os projetos. Houve uma evolução muito grande quanto ao controle dos gastos nos projetos. Os desvios de orçamento que antes eram de 40% hoje não passam de 10% o que é bastante aceitável.

**3 – Sobre a avaliação de investimentos:**

Os investimentos de curto e médio prazo são aprovados pelo Conselho de Administração dentro do planejamento de 5 anos que é revisado uma ou duas vezes por ano. Já os investimentos maiores tais como a construção de novas plantas de beneficiamento, após serem aprovados pelo Conselho, devem ser apresentados ao mercado que é representado por bancos de investimentos e analistas de mercado. Estes projetos recebem uma atenção muito maior e seguem controles rígidos. Sua elaboração fica a cargo da Equipe interna da MSOL sob a orientação de um profissional qualificado e credenciado pelas entidades profissionais do Canadá. Estes profissionais são conhecidos como QP ou Qualified Professional e seguem um conjunto de normas, no nosso caso as normas Canadenses reunidas sob o código NI 43-101. Uma das grandes preocupações neste trabalho é com a comprovação dos recursos minerais. Quanto aos métodos de avaliação, praticamente todos os estudos tem como base o Fluxo de Caixa Descontado sendo os principais indicadores o VPL, a TIR e o Pay Back. O maior nível de sofisticação chega à análise de sensibilidade quando avaliamos a sensibilidade do projeto às variações do preço do ouro, taxa de câmbio e variações nos recursos minerais.

## **APÊNDICE III**

### **PLANILHAS COM FCD FASE SEMI DETALHE**

**Planilhas com os Fluxos de Caixa Descontados dos Projetos A, B, C e D na fase de Semi Detalhe.**

**Resultado gerado através da simulação de Monte Carlo com o software @Risk versão 4.5 realizando 5.000 iterações por simulação**



## Planilha A1 FCD Projeto A Fase Semi Detalhe

Projeto A Fase Semi detalhe		ton	Teor						
Recurso Inferido		10.600.000	5,63						
Recurso Indicado		4.100.000	5,62						
Recurso Medido		0	0,00						
Recurso Total		14.700.000	5,63						
Diluição Média na Mina		15%							
Recuperação Média na Planta		92%							
Reserva Lavável		16.905.000							
Taxa de Produção em ton/ano		1.200.000							
Vida útil do projeto		15							
Custo Operacional Mina		30,00							
Custo Operacional Planta		45,41							
1 Teor Médio de alimentação na Planta		4,89							
2 Preço do Ouro		603,700							
3 Taxa de Câmbio		2,265							
	<b>Ano</b>	<b>-5</b>	<b>-4</b>	<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
4 Recurso Remanescente								16.905.000	0
5 Minério Tratado								1.200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada								4,89	0,00
7 Recuperação Metalúrgica								92%	0%
8 Produção Oz / ano								173.628	0
9 Faturamento US\$								104.819.389	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton								30,00	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton								45,41	0,00
14 Custo Operacional Total US\$								39.955.850	0
15 Lucro Operacional								64.863.540	0
16 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)								0	0
17 Custos de Encerramento (5%)								0	4.987.500
18 Amortização								6.650.000	0
19 Lucro Tributável						0	0	58.213.540	0
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%						0	0	20.374.739	0
21 Lucro Líquido		0	0	0	0	0	0	44.488.801	-4.987.500
22 Investimentos Pré Operacionais US\$							25.000.000	74.750.000	
23 Investimentos em Exploração		200.000	2.160.000	4.200.000					
<b>S NPV (13%) Receitas 130.403.020</b>									
PV (X) NPV (8%) Investimentos		87.234.225							
NPV do Projeto		43.168.795							
NPVq		1,49							
$\sigma$ / t		32%							
PV (P&D) 13%		4.779.399							
t		5							

Resultados da Simulação	
Mínimo	93.432.380
Média	130.155.400
Máximo	182.495.200
Desv Pad	18.570.500
Desv Pad %	14,27%

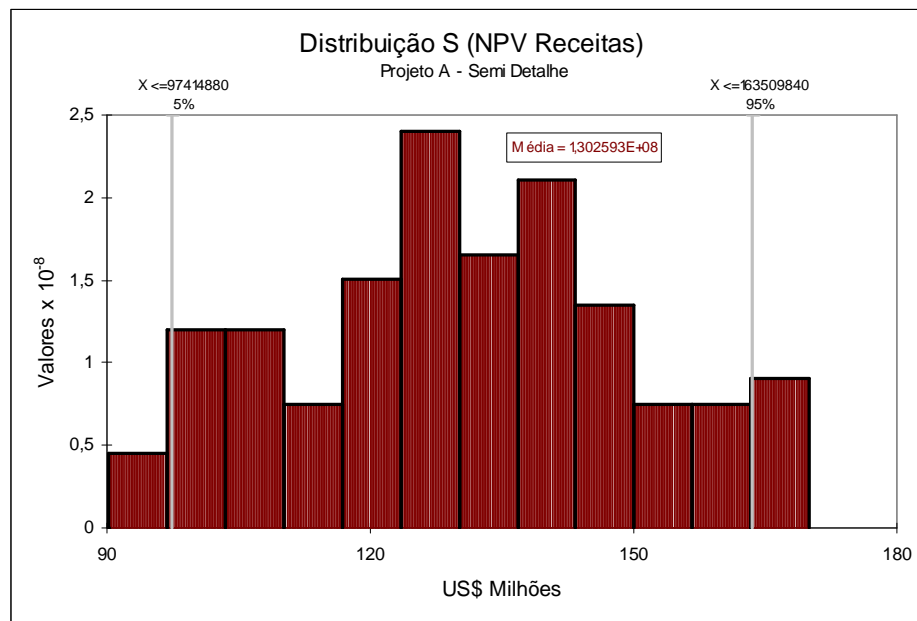


Gráfico A1 Distribuição S Projeto A Fase Semi detalhe

## Planilha A2 FCD Projeto B Fase Semi Detalhe

Premissas	Alvo		Mina Existente				
	ton	Teor	ton	Teor			
Recurso Inferido	1.200.000	4,00	2.100.000	5,00			
Recurso Indicado	1.200.000	4,10	1.900.000	5,30			
Recurso Medido	0	0,00	2.000.000	5,00			
Recurso Total	2.400.000	4,05	6.000.000	5,10			
Diluição Média na Mina %	15%						
Recuperação Média na Planta %	92%						
Total da Reserva Lavrável	ton	9.660.000					
Taxa de Produção	ton	600.000					
Vida útil do total da reserva	Anos	12					
Taxa de produção mina existente	ton/ano	400.000					
Taxa de produção Mina nova	ton/ano	200.000					
Custo Operacional Mina Nova	R\$/ton	45,92					
Custo Operacional Planta	R\$/ton	62,09					
1 Teor Médio da nova mina de alimentação na Planta em gr/ton			3,52				
2 Preço do Ouro US\$/Oz			603,7				
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$			2,265				
Ano	-3	-2	-1	0	1	13	
4 Recurso Remanescente						2.400.000	0
5 Minério Tratado apenas da nova mina						200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada						3,52	0,00
7 Recuperação Metalúrgica						92%	0%
8 Produção Oz / ano						20.833	0
9 Faturamento US\$						12.576.679	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton						45,92	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton						62,09	0,00
14 Custo Operacional Total US\$						9.537.013	0
15 Lucro Operacional						3.039.666	0
17 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)						0	0
18 Custos de Encerramento (10%)						0	2.200.000
19 Amortização						1.833.333	0
20 Lucro Tributável						0	0
21 Imposto sobre Lucro Tributável 35%						0	0
22 Lucro Líquido	0	0	0	0	0	2.617.450	-2.200.000
23 Investimentos Pré Operacionais						2.000.000	20.000.000
24 Investimentos em exploração	100.000	1.200.000					

<b>S NPV (13%) Receitas</b>	<b>8.120.828</b>
PV (X) NPV (8%) Investimentos	18.998.628
<b>NPV do Projeto</b>	<b>-10.877.800</b>
NPVq	0,427
σ/t	62%
PV (P&D) 13%	1.028.272
t	3

Resultados da Simulação	
Mínimo	1.376.214
Média	7.792.158
Máximo	14.359.990
Desv Pad	2.798.848
Desv Pad %	35,92%

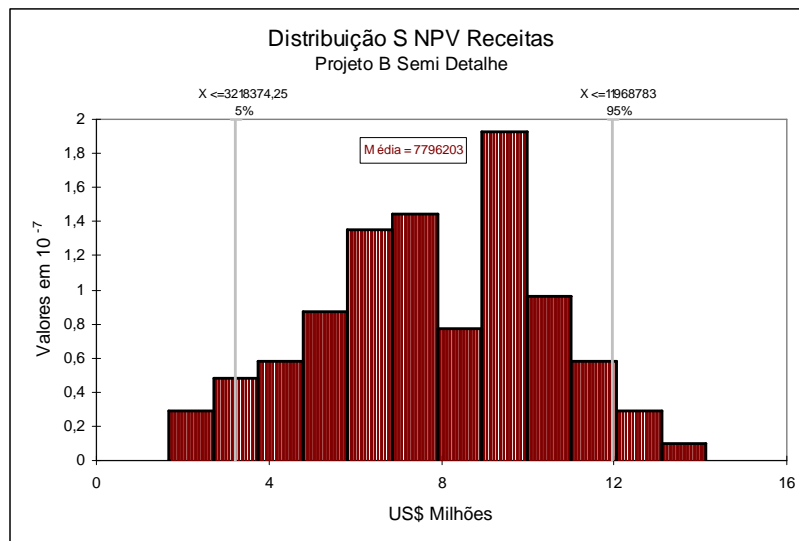


Gráfico A2 Distribuição S Projeto B Fase Semi detalhe

## Planilha A3 FCD Projeto C Fase Semi Detalhe

Projeto C Semi detalhe		Alvo		Mina Existente				
Premissas		ton	Teor	ton	Teor			
Recurso Inferido		2.400.000	6,50	3.200.000	3,70			
Recurso Indicado		600.000	6,00	2.100.000	3,69			
Recurso Medido		0	0,00	1.900.000	4,10			
Recurso Total		3.000.000	6,40	7.200.000	3,80			
Diluição Média na Mina %			15%					
Recuperação Média na Planta %			92%					
Total da Reserva Lavrável	ton	3.450.000						
Taxa de Produção	ton	300.000						
Vida útil do total da reserva	Anos	12						
Taxa de produção mina existente	ton/ano	600.000						
Taxa de produção mina nova	ton/ano	300.000						
Custo Operacional Mina Nova	R\$/ton	45,92						
Custo Operacional Planta	R\$/ton	62,09						
1 Teor Médio da nova mina de alimentação na Planta em gr/ton			5,57					
2 Preço do Ouro US\$/Oz			604					
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$			2,265					
	Ano	-3	-2	-1	0	1	2	12
4 Recurso Remanescente						3.450.000	3.150.000	150.000
5 Minério Tratado apenas da nova mina						300.000	300.000	150.000
6 Teor ROM gramas / tonelada						5,57	5,57	5,57
7 Recuperação Metalúrgica						92%	92%	92%
8 Produção Oz / ano						49.381	49.381	24.691
9 Faturamento US\$						29.811.387	29.811.387	14.905.694
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton						45,92	45,92	45,92
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton						62,09	62,09	62,09
14 Custo Operacional Total US\$						14.305.519	14.305.519	7.152.759
15 Lucro Operacional						15.505.868	15.505.868	7.752.934
16 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)						0	1.225.000	0
17 Custos de Encerramento (10%)						0	0	4.900.000
18 Amortização						4.083.333	4.083.333	0
19 Lucro Tributável				0	0	11.422.535	10.197.535	7.752.934
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%				0	0	3.997.887	3.569.137	2.713.527
21 Lucro Líquido		0	0	0	0	11.507.981	10.711.731	139.407
22 Investimentos Pré Operacionais				22.000.000	27.000.000			
23 Investimentos em exploração		203.091	2.160.000				0	

<b>S NPV (13%) Receitas</b>	<b>37.813.426</b>
PV (X) NPV (8%) Investimentos	43.518.519
<b>NPV do Projeto</b>	<b>-5.705.093</b>
NPVq	0,869
$\sigma \cdot t$	33%
PV (P&D) 13%	1.871.323
t	3

Resultados da Simulação	
Mínimo	21.186.040
Média	37.697.020
Máximo	57.228.830
Desv Pad	7.119.828
Desv Pad %	18,89%

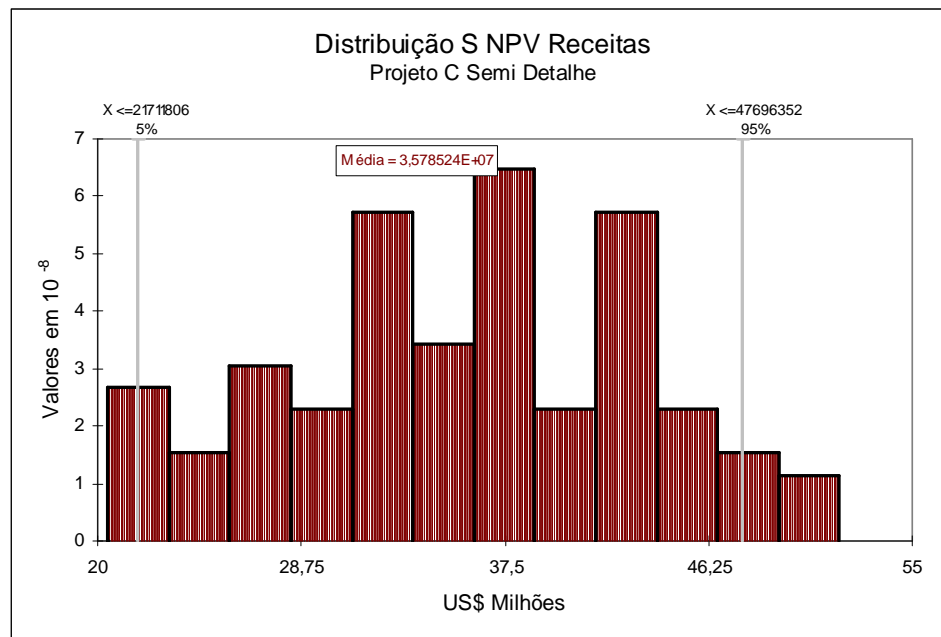


Gráfico A3 Distribuição S Projeto C Fase Semi detalhe

## Planilha A4 FCD Projeto D Fase Semi Detalhe

Projeto D Semi Detalhe		ton	Teor
Premissas			
Recurso Inferido		13.500.000	1,97
Recurso Indicado		5.800.000	2,01
Recurso Medido		0	0,00
Recurso Total		19.300.000	1,98
Diluição Média na Mina %		5%	
Recuperação Média na Planta %		80%	
Reserva Lavável em ton		20.265.000	
Taxa de Produção em ton/ano		1.200.000	
Vida útil do projeto	Anos	17	
Custo Operacional Mina	R\$/ton	19,33	
Custo Operacional Planta	R\$/ton	18,27	
Teor Médio de alimentação na Planta em gr/ton		1,89	
Preço do Ouro US\$/Oz		603,7	
Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,265	

Ano	-4	-3	-2	-1	0	1	17	18
Recurso Remanescente						20.265.000	1.065.000	0
Minério Tratado						1.200.000	1.065.000	0
Teor ROM gramas / tonelada						1,89	1,89	0,00
Recuperação Metalúrgica						80%	80%	0%
Produção Oz / ano						58.259	51.704	0
Faturamento US\$						35.170.707	31.214.002	0
Custo Operacional da Mina R\$/ton						19,33	19,33	0,00
Custo Operacional da Planta R\$/ton						18,27	18,27	0,00
Custo Operacional Total US\$						19.924.062	17.682.605	0
Lucro Operacional						15.246.645	13.531.397	0
Investimentos Operacionais (5% do Invest Pre Oper.)						0	0	0
Custos de Encerramento (10%)						0	0	1.500.000
Amortização						882.353	0	0
Lucro Tributável					0	14.364.292	13.531.397	0
Imposto sobre Lucro Tributável 35%					0	5.027.502	4.735.989	0
Lucro Líquido		0	0	0	0	10.219.143	8.795.408	-1.500.000
Investimentos Pre Operacionais						15.000.000		
Investimentos em Exploração	100.000	1.200.000	4.200.000					

<b>S NPV (13%) Receitas</b>	<b>35.623.013</b>
PV (X) NPV (8%) Investimentos	13.888.889
<b>NPV do Projeto</b>	<b>21.734.124</b>
NPVq	2,56
σ vt	44%
PV (P&D) 13%	3.939.082

Resultados da Simulação	
Mínimo	18.010.190
Média	35.599.540
Máximo	53.048.520
Desv Pad	7.763.894
Desv Pad %	21,87%

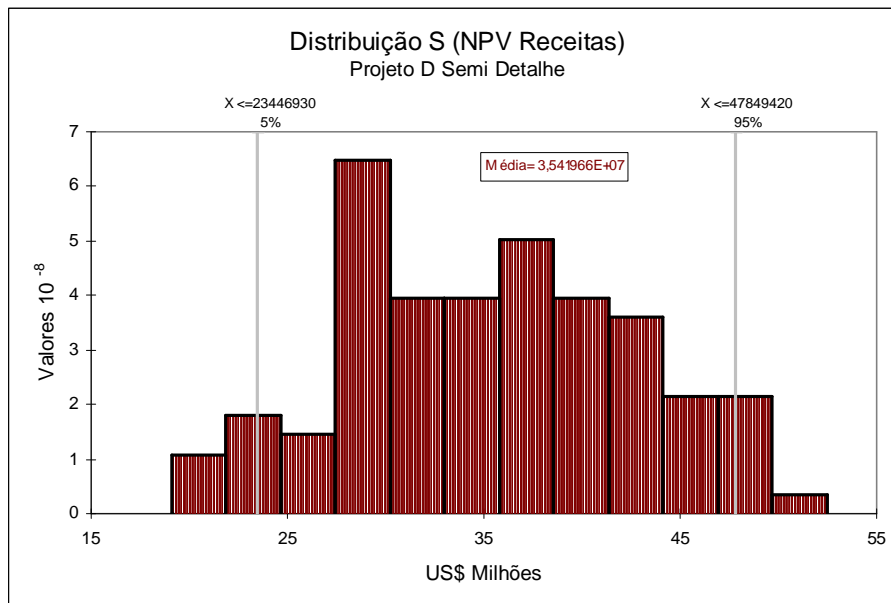


Gráfico A4 Distribuição S Projeto D Fase Semi detalhe

## APÊNDICE IV

**Planilhas com os Fluxos de Caixa Descontados dos Projetos A, B, C e D na fase de Detalhe.**

**Resultado gerado através da simulação de Monte Carlo com o software @Risk versão 4.5 realizando 5.000 iterações por simulação.**

## Planilha A5 FCD Projeto A Fase Detalhe

Projeto A Detalhe								
Premissas		ton	Teor					
Recurso Inferido		4.800.000	5,63					
Recurso Indicado		6.000.000	5,60					
Recurso Medido		3.900.000	5,59					
Recurso Total		14.700.000	5,61					
Diluição Média na Mina %		15%						
Recuperação Média na Planta %		92%						
Reserva Lavrável em ton		16.905.000						
Taxa de Produção em ton/ano		1.200.000						
Vida útil do projeto	Anos	15						
Custo Operacional Mina	R\$/ton	30,00						
Custo Operacional Planta	R\$/ton	45,41						
1 Teor Médio de alimentação na Planta em gr/ton		4,88						
2 Preço do Ouro US\$/Oz		603,70						
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,265						
<b>Ano</b>		<b>-4</b>	<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
4 Recurso Remanescente							16.905.000	0
5 Minério Tratado							1.200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada							4,88	0,00
7 Recuperação Metalúrgica							92%	0%
8 Produção Oz / ano							173.124	0
9 Faturamento US\$							104.514.769	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton							30,00	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton							45,41	0,00
14 Custo Operacional Total US\$							39.955.850	0
15 Lucro Operacional							64.558.919	0
16 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)							0	0
17 Custos de Encerramento (5%)							0	5.000.000
18 Amortização							6.666.667	0
19 Lucro Tributável							57.892.253	0
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%							20.262.288	0
21 Lucro Líquido		0	0	0	0	0	44.296.631	-5.000.000
22 Investimentos Pré Operacionais					25.000.000	75.000.000		
23 Investimentos em Exploração		2.160.000	4.200.000					

<b>S NPV (13%) Receitas</b>	<b>146.683.641</b>
PV (X) NPV (8%) Investimentos	87.448.560
NPV do Projeto	59.235.082
NPVq	1,68
$\sigma_{it}$	18%
PV (P&D) 13%	5.200.720

Resultados da Simulação	
Mínimo	119.107.700
Média	146.766.300
Máximo	173.364.600
Desv Pad	13.148.670
Desv Pad %	8,96%

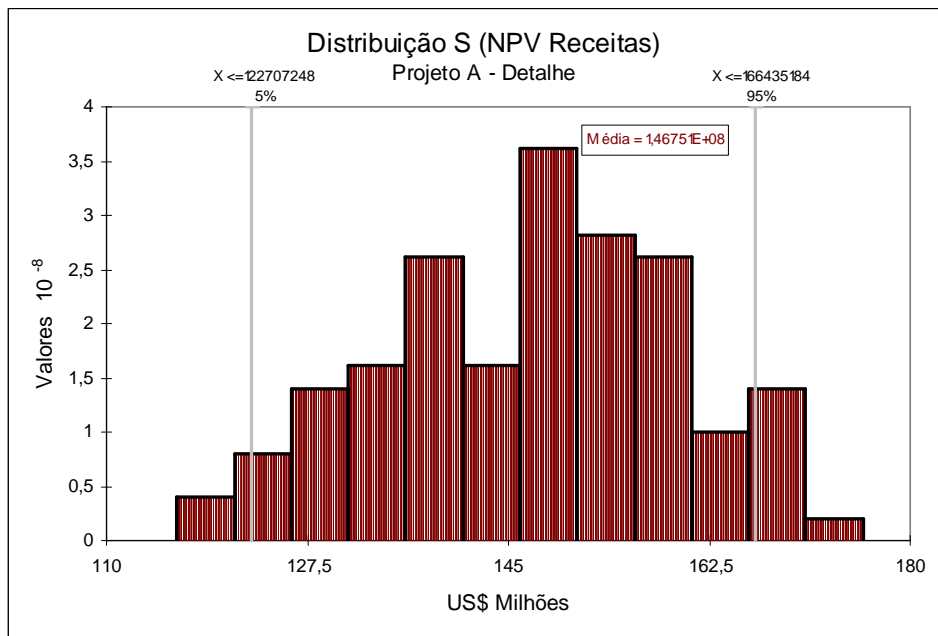


Gráfico A5 Distribuição S Projeto A Fase Detalhe

## Planilha A6 FCD Projeto B Fase Detalhe

Premissas	Projeto B - Detalhe		Alvo		Mina Existente		
	ton	Teor	ton	Teor	ton	Teor	
Recurso Inferido	600.000	3,80	2.100.000	5,00			
Recurso Indicado	600.000	4,00	1.900.000	5,30			
Recurso Medido	1.000.000	4,30	2.000.000	5,00			
Recurso Total	2.400.000	4,08	6.000.000	5,10			
Diluição Média na Mina %		15%					
Recuperação Média na Planta %		92%					
Total da Reserva Lavrável	ton	9.660.000					
Taxa de Produção	ton	600.000					
Vida útil do total da reserva	Anos	12					
Taxa de produção mina existente	ton/ano	400.000					
Taxa de produção mina nva	ton/ano	200.000					
Custo Operacional Mina Nova	R\$/ton	45,92					
Custo Operacional Planta	R\$/ton	62,09					
1 Teor Médio da nova mina de alimentação na Planta em gr/ton		3,54					
2 Preço do Ouro US\$/Oz		603,7					
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,265					
	Ano	-2	-1	0	1	2	13
4 Recurso Remanescente					2.400.000	2.200.000	0
5 Minério Tratado apenas da nova mina					200.000	200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada				3,54	3,54	0,00	0,00
7 Recuperação Metalúrgica				92%	92%	0%	0%
8 Produção Oz / ano				20.961	20.961	0	0
9 Faturamento US\$				12.654.313	12.654.313	0	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton				45,92	45,92	0,00	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton				62,09	62,09	0,00	0,00
14 Custo Operacional Total US\$				9.537.013	9.537.013	0	0
15 Lucro Operacional				3.117.300	3.117.300	0	0
17 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)				0	550.000	0	0
18 Custos de Encerramento (10%)				0	0	2.200.000	0
19 Amortização				0	1.833.333	0	0
20 Lucro Tributável		0	0	3.117.300	733.967	0	0
21 Imposto sobre Lucro Tributável 35%		0	0	1.091.055	256.888	0	0
22 Lucro Líquido		0	0	2.026.245	2.310.412	-2.200.000	0
23 Investimentos Pré Operacionais		2.000.000	20.000.000				
24 Investimentos em Exploração		1.200.000					

<b>S NPV (13%) Receitas</b>	<b>8.989.945</b>
PV (X) NPV (8%) Investimentos	18.998.628
<b>NPV do Projeto</b>	<b>-10.008.683</b>
<b>NPVq</b>	<b>0,47</b>
$\sigma/\mu$	31%
<b>PV (P&amp;D) 13%</b>	<b>1.061.947</b>
<b>t</b>	<b>2</b>

Resultados da Simulação	
Mínimo	4.392.321
Média	8.794.424
Máximo	13.029.920
Desv Pad	1.901.293
Desv Pad %	21,62%

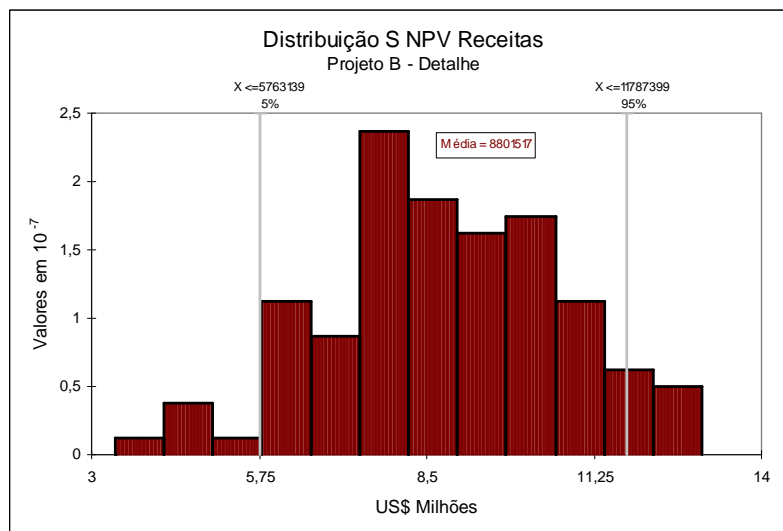


Gráfico A6 Distribuição S Projeto B Fase Detalhe

## Planilha A7 FCD Projeto C Fase Detalhe

Premissas	Projeto C Detalhe		Alvo		Mina Existente		
	ton	Teor	ton	Teor	ton	Teor	
Recurso Inferido	1.400.000	6,43	3.200.000	3,70			
Recurso Indicado	1.400.000	6,72	2.100.000	3,69			
Recurso Medido	1.400.000	6,57	1.900.000	4,10			
Recurso Total	4.200.000	6,57	7.200.000	3,80			
Diluição Média na Mina %		15%					
Recuperação Média na Planta %		92%					
Total da Reserva Lavável	ton	4.630.000					
Taxa de Produção	ton	300.000					
Vida útil do total da reserva	Anos	17					
Taxa de produção mina existente	ton/ano	600.000					
Taxa de produção mina nva	ton/ano	300.000					
Custo Operacional Mina Nova	R\$/ton	45,92					
Custo Operacional Planta	R\$/ton	62,09					
1 Teor Médio da nova mina de alimentação na Planta em gr/ton		5,72					
2 Preço do Ouro US\$/Oz		604					
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,285					
	Ano	-2	-1	0	1	2	17
4 Recurso Remanescente					4.630.000	4.530.000	30.000
5 Minério Tratado apenas da nova mina					300.000	300.000	30.000
6 Teor ROM gramas / tonelada					5,72	5,72	5,72
7 Recuperação Metalúrgica					92%	92%	92%
8 Produção Oz / ano					50.719	50.719	5.072
9 Faturamento US\$					30.618.779	30.618.779	3.061.878
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton					45,92	45,92	45,92
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton					62,09	62,09	62,09
14 Custo Operacional Total US\$					14.305.519	14.305.519	1.430.552
15 Lucro Operacional					16.313.260	16.313.260	1.631.326
16 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)					0	1.225.000	0
17 Custos de Encerramento (10%)					0	0	4.900.000
18 Amortização					2.882.353	2.882.353	0
19 Lucro Tributável			0	0	13.430.907	12.205.907	1.631.326
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%			0	0	4.700.818	4.272.068	570.964
21 Lucro Líquido		0	0	0	11.612.443	10.816.193	-3.839.638
22 Investimentos Pré Operacionais					49.000.000		
23 Investimentos em exploração		2.160.000	2.160.000		0		

	S	NPV (13%) Receitas	49.658.873
PV (X) NPV (8%) Investimentos		45.370.370	
NPV do Projeto		4.288.503	
NPVq		1,095	
$\sigma/t$		16%	
PV (P&D) 13%		3.603.101	
t		2	

Resultados da Simulação	
Mínimo	31.098.650
Média	44.108.090
Máximo	59.324.860
Desv Pad	4.899.183
Desv Pad %	11,11%

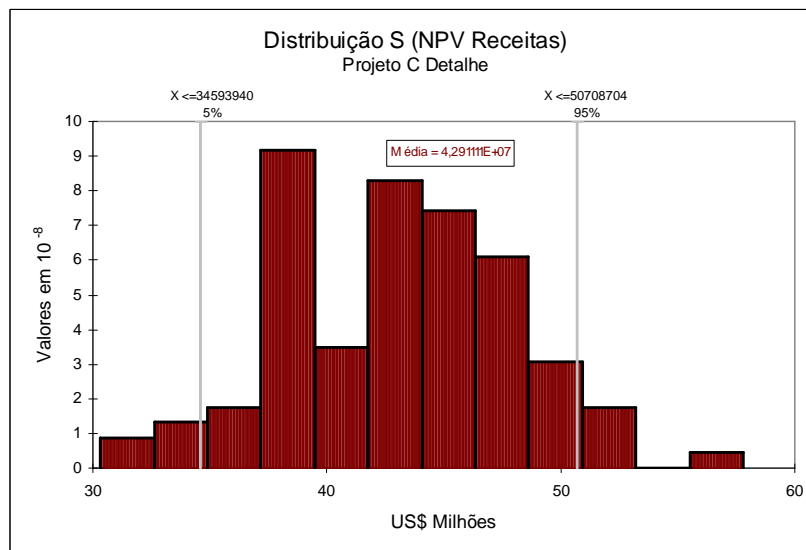


Gráfico A7 Distribuição S Projeto C Fase Detalhe



## Planilha A8 FCD Projeto D Fase Detalhe

### Projeto D Detalhe

Premissas	ton	Teor				
Recurso Inferido	8.400.000	1,96				
Recurso Indicado	4.500.000	1,89				
Recurso Medido	7.300.000	1,90				
Recurso Total	20.200.000	1,92				
Diluição Média na Mina %	5%					
Recuperação Média na Planta %	80%					
Reserva Lavrável em ton	21.210.000					
Taxa de Produção em ton/ano	1.200.000					
Vida útil do projeto	Anos	18				
Custo Operacional Mina	R\$/ton	19,33				
Custo Operacional Planta	R\$/ton	18,27				
1 Teor Médio de alimentação na Planta em gr/ton		1,83				
2 Preço do Ouro US\$/Oz		603,7				
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,265				
<b>Ano</b>	<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>19</b>
4 Recurso Remanescente					21.210.000	0
5 Minério Tratado					1.200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada					1,83	0,00
7 Recuperação Metalúrgica					80%	0%
8 Produção Oz / ano					56.516	0
9 Faturamento US\$					34.118.472	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton					19,33	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton					18,27	0,00
14 Custo Operacional Total US\$					19.924.062	0
15 Lucro Operacional					14.194.410	0
16 Investimentos Operacionais (5% do Invest Pre Oper.)					0	0
17 Custos de Encerramento (10%)					0	1.500.000
18 Amortização					833.333	0
19 Lucro Tributável			0	0	13.361.077	0
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%			0	0	4.676.377	0
22 Lucro Líquido	0	0	0	0	9.518.033	-1.500.000
23 Investimentos Pré Operacionais					15.000.000	
24 Investimentos em exploração	1.200.000	4.200.000				

<b>S NPV (13%) Receitas</b>	<b>37.867.362</b>
<b>PV (X) NPV (8%) Investimentos</b>	<b>13.888.889</b>
<b>NPV do Projeto</b>	<b>23.978.474</b>
<b>NPVg</b>	<b>2,73</b>
<b><math>\sigma/\mu</math></b>	<b>34%</b>
<b>PV (P&amp;D) 13%</b>	<b>4.351.163</b>
<b>t</b>	<b>3</b>

Resultados da Simulação	
Mínimo	14.256.180
Média	30.710.740
Máximo	47.282.850
Desv Pad	5.990.265
Desv Pad %	19,51%

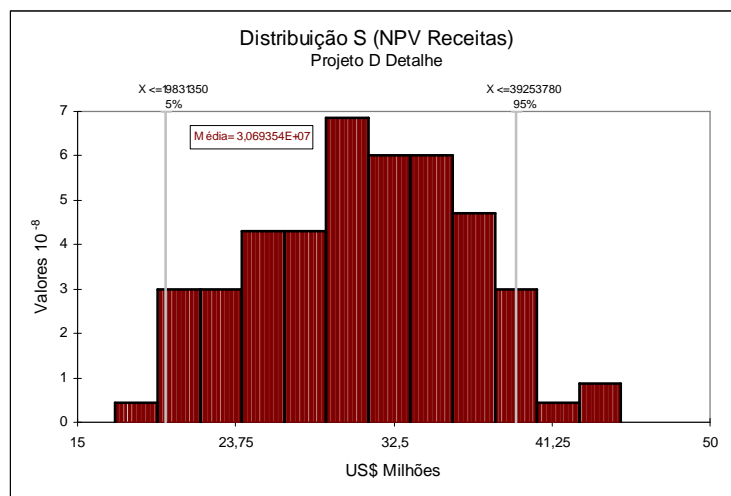


Gráfico A8 Distribuição S Projeto D Fase Detalhe

## APÊNDICE V

**Planilhas com os Fluxos de Caixa Descontados dos Projetos A, B, C e D na fase de Avaliação.**

**Resultado gerado através da simulação de Monte Carlo com o software @Risk versão 4.5 realizando 5.000 iterações por simulação.**

## Planilha A9 FCD Projeto A Fase Avaliação

### Projeto A Avaliação

Premissas	ton	Teor
Recurso Inferido	2.000.000	5,72
Recurso Indicado	6.000.000	5,63
Recurso Médio	6.700.000	5,62
Recurso Total	14.700.000	5,64
Diluição Média na Mina %	15%	
Recuperação Média na Planta %	92%	
Reserva Lavável em ton	16.905.000	
Taxa de Produção em ton/ano	1.200.000	
Vida útil do projeto	Anos	15
Custo Operacional Mina	R\$/ton	30,00
Custo Operacional Planta	R\$/ton	45,41

1 Teor Médio de alimentação na Planta em gr/ton	4,90
2 Preço do Ouro US\$/Oz	603,7
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$	2,265

Ano	-1	0	1	2	16
4 Recurso Remanescente			16.905.000	15.705.000	0
5 Minério Tratado			1.200.000	1.200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada			4,90	4,90	0,00
7 Recuperação Metalúrgica			92%	92%	0%
8 Produção Oz / ano			173.936	173.936	0
9 Faturamento US\$			105.005.268	105.005.268	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton			30,00	30,00	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton			45,41	45,41	0,00
14 Custo Operacional Total US\$			39.955.850	39.955.850	0
15 Lucro Operacional			65.049.438	65.049.438	0
16 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)			0	2.500.000	0
17 Custos de Encerramento (5%)		0	0	0	5.000.000
18 Amortização			6.666.667	6.666.667	0
19 Lucro Tributável	0	0	58.382.772	55.882.772	0
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%	0	0	20.433.970	19.558.970	0
21 Lucro Líquido	0	0	44.615.468	42.990.468	-5.000.000
22 Investimentos Pré Operacionais	25.000.000	75.000.000			

<b>S NPV (13%) Receitas 213.226.588</b>
PV (X) NPV (8%) Investimentos 87.448.560
<b>NPV do Projeto 125.778.028</b>
NPVq 2,44
$\sigma \sqrt{t}$ 10%
PV (P&D) 13% 0
t 2

Resultados da Simulação	
Mínimo	180.382.800
Média	213.425.900
Máximo	241.963.900
Desv Pad	15.027.800
Desv Pad %	7,04%

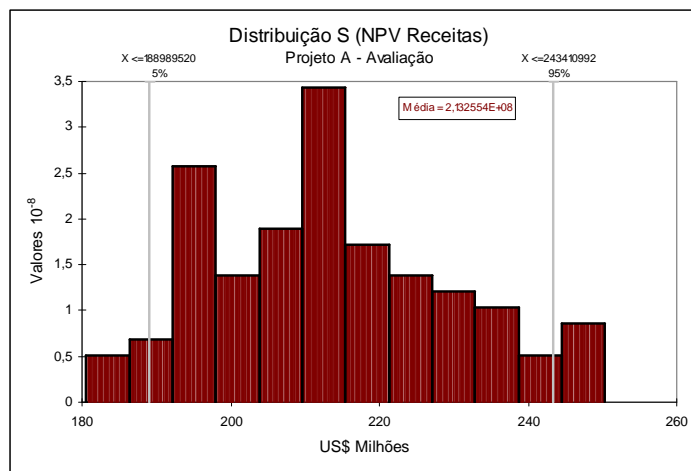


Gráfico A9 Distribuição S Projeto A Fase Avaliação

## Planilha A10 FCD Projeto B Fase Avaliação

Projeto B - Avaliação		Alvo		Mina Existente		
Premissas	ton	Teor	ton	Teor		
Recurso Inferido	0	0,00	2.100.000	5,00		
Recurso Indicado	0	0,00	1.900.000	5,30		
Recurso Medido	2.400.000	4,30	2.000.000	5,00		
Recurso Total	2.400.000	4,30	6.000.000	5,10		
Diluição Média na Mina %		15%				
Recuperação Média na Planta %		92%				
Total da Reserva Lavável	ton	9.660.000				
Taxa de Produção	ton	600.000				
Vida útil do total da reserva	Anos	12				
Taxa de produção mina existente	ton/ano	400.000				
Taxa de produção mina nva	ton/ano	200.000				
Custo Operacional Mina Nova	R\$/ton	45,92				
Custo Operacional Planta	R\$/ton	62,09				
1 Teor Médio da nova mina de alimentação na Planta em gr/ton		3,74				
2 Preço do Ouro US\$/Oz		603,7				
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,265				
<b>Ano</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
4 Recurso Remanescente			2.400.000	2.200.000	2.000.000	0
5 Minério Tratado apenas da nova mina			200.000	200.000	200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada			3,74	3,74	3,74	0,00
7 Recuperação Metalúrgica			92%	92%	92%	0%
8 Produção Oz / ano			22.119	22.119	22.119	0
9 Faturamento US\$			13.353.017	13.353.017	13.353.017	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton			45,92	45,92	45,92	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton			62,09	62,09	62,09	0,00
14 Custo Operacional Total US\$			9.537.013	9.537.013	9.537.013	0
15 Lucro Operacional			3.816.005	3.816.005	3.816.005	0
17 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)			0	560.000	560.000	0
18 Custos de Encerramento (10%)			0	0	0	2.200.000
19 Amortização			1.833.333	1.833.333	1.833.333	0
20 Lucro Tributável	0	0	1.982.671	1.432.671	1.432.671	0
21 Imposto sobre Lucro Tributável 35%	0	0	693.935	501.435	501.435	0
22 Lucro Líquido	0	0	3.122.070	2.764.570	2.764.570	-2.200.000
23 Investimentos Pré Operacionais		22.000.000				
24 Investimentos em Exploração						

S NPV (13%) Receitas		PV (X) NPV (8%) Investimentos		NPV do Projeto		NPVq		σ/t		PV (P&D) 13%		t	
14.360.139		20.370.370		-6.010.231		0,70		15%		0		1	

Resultados da Simulação	
Mínimo	8.202.107
Média	14.164.130
Máximo	19.930.080
Desv Pad	2.145.896
Desv Pad %	15,15%

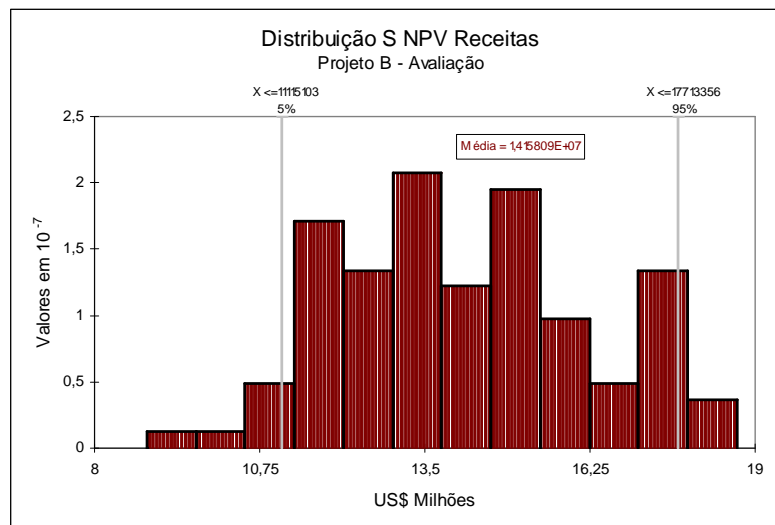


Gráfico A10 Distribuição S Projeto B Fase Avaliação

## Planilha A11 FCD Projeto C Fase Avaliação

Projeto C - Avaliação		Alvo		Mina Existente			
Premissas		ton	Teor	ton	Teor		
Recurso Inferido		0	0,00	3.200.000	3,70		
Recurso Indicado		2.000.000	6,60	2.100.000	3,69		
Recurso Medido		3.206.667	6,47	1.900.000	4,10		
Recurso Total		5.206.667	6,52	7.200.000	3,80		
Diluição Média na Mina %			15%				
Recuperação Média na Planta %			92%				
Total da Reserva Lavrável	ton	5.987.667					
Taxa de Produção	ton	300.000					
Vida útil do total da reserva	Anos	18					
Taxa de produção mina existente	ton/ano	600.000					
Taxa de produção mina nva	ton/ano	300.000					
Custo Operacional Mina Nova	R\$/ton	45,92					
Custo Operacional Planta	R\$/ton	62,09					
1 Teor Médio da nova mina de alimentação na Planta em gr/ton		5,67					
2 Preço do Ouro US\$/Oz		604					
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,265					
<b>Ano</b>		<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>18</b>
4 Recurso Remanescente				5.206.667	4.906.667	4.606.667	106.667
5 Minério Tratado apenas da nova mina				300.000	300.000	300.000	106.667
6 Teor ROM gramas / tonelada				5,67	5,67	5,67	5,67
7 Recuperação Metalúrgica				92%	92%	92%	92%
8 Produção Oz / ano				50.307	50.307	50.307	17.887
9 Faturamento US\$				30.370.053	30.370.053	30.370.053	10.798.241
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton				45,92	45,92	45,92	45,92
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton				62,09	62,09	62,09	62,09
14 Custo Operacional Total US\$				14.305.519	14.305.519	14.305.519	5.086.407
15 Lucro Operacional				16.064.534	16.064.534	16.064.534	5.711.834
16 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)				0	1.218.333	1.218.333	0
17 Custos de Encerramento (10%)				0	0	0	4.873.333
18 Amortização				2.707.407	2.707.407	2.707.407	0
19 Lucro Tributável		0	0	13.357.126	12.138.793	12.138.793	5.711.834
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%		0	0	4.674.994	4.248.578	4.248.578	1.999.142
21 Lucro Líquido		0	0	11.389.540	10.597.623	10.597.623	-1.160.641
22 Investimentos Prê Operacionais		0	48.733.333				

S NPV (13%) Receitas		56.296.176
PV (X) NPV (8%) Investimentos		41.780.979
<b>NPV do Projeto</b>		<b>14.515.198</b>
NPVq		1,347
$\sigma$ / t		9%
PV (P&D) 13%		0
t		1

Resultados da Simulação	
Mínimo	37.358.970
Média	49.779.300
Máximo	63.399.620
Desv Pad	4.624.047
Desv Pad %	9,29%

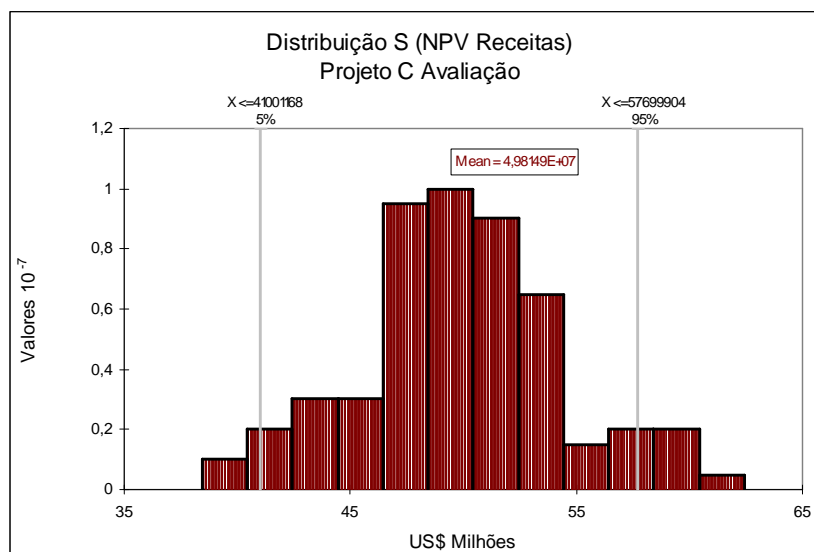


Gráfico A11 Distribuição S Projeto C Fase Avaliação

## Planilha A12 FCD Projeto D Fase Avaliação

Projeto D Avaliação			ton	Teor	
<b>Premissas</b>					
Recurso Inferido		2.200.000	1,94		
Recurso Indicado		5.700.000	1,92		
Recurso Medido		12.300.000	1,93		
Recurso Total		20.200.000	1,93		
Diluição Média na Mina %		5%			
Recuperação Média na Planta %		80%			
Reserva Lavável em ton		21.210.000			
Taxa de Produção em ton/ano		1.200.000			
Vida útil do projeto	Anos	18			
Custo Operacional Mina	R\$/ton	19,33			
Custo Operacional Planta	R\$/ton	18,27			
1 Teor Médio de alimentação na Planta em gr/ton		1,84			
2 Preço do Ouro US\$/Oz		603,7			
3 Taxa de Câmbio em R\$ por US\$		2,265			
Ano	-1	0	1	2	19
4 Recurso Remanescente			21.210.000	20.010.000	0
5 Minério Tratado			1.200.000	1.200.000	0
6 Teor ROM gramas / tonelada			1,84	1,84	0,00
7 Recuperação Metalúrgica			80%	80%	0%
8 Produção Oz / ano			56.679	56.679	0
9 Faturamento US\$			34.216.860	34.216.860	0
12 Custo Operacional da Mina R\$/ton			19,33	19,33	0,00
13 Custo Operacional da Planta R\$/ton			18,27	18,27	0,00
14 Custo Operacional Total US\$			19.924.062	19.924.062	0
15 Lucro Operacional			14.292.798	14.292.798	0
16 Investimentos Operacionais (2,5% do Invest Pre Oper.)			0	225.000	0
17 Custos de Encerramento (10%)			0	0	1.500.000
18 Amortização			833.333	833.333	0
19 Lucro Tributável	0	0	13.459.464	13.234.464	0
20 Imposto sobre Lucro Tributável 35%	0	0	4.710.813	4.632.063	0
22 Lucro Líquido	0	0	9.581.985	9.435.735	-1.500.000
22 Investimentos Pré Operacionais		15.000.000			
23 Investimentos em exploração			0		

S NPV (13%) Receitas		50.255.438
PV (X)	NPV (8%) Investimentos	13.888.889
	NPV do Projeto	36.366.549
	NPVq	3,62
	$\sigma/\mu$	4%
	PV (P&D) 13%	0
	t	1

Resultados da Simulação	
Mínimo	45.057.620
Média	49.507.680
Máximo	54.850.900
Desv Pad	2.146.928
Desv Pad %	4,34%

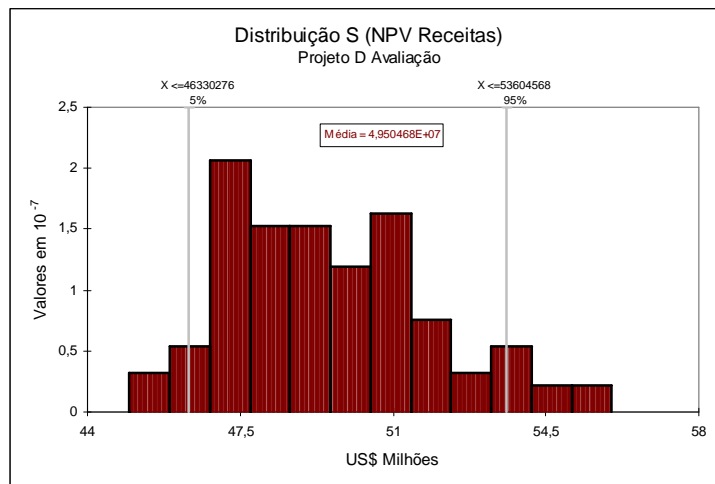


Gráfico A12 Distribuição S Projeto D Fase Avaliação

## **ANEXO I**

Tabela com os valores das Opções de Compra para um Ativo Subjacente igual a 1.  
Valores calculados a partir do modelo de Black e Scholes para uma Opção de Compra Européia

Quadro A1 Valor da Opção de Compra Européia Expressa como percentual do ativo subjacente

Fonte: Luerhman (1998b)

Valor de uma Opção de Compra Européia expressa como um percentual do ativo subjacente de acordo como o modelo Black-Scholes-Merton

$$NPVq = (\text{Ativo Subjacente}) / \text{PV}(\text{Preço do Exercício})$$

	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.75	2.00	2.50
0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	1.2	2.0	3.1	4.5	6.0	7.5	9.1	10.7	12.3	13.8	15.3	16.7	20.0	23.1	25.9	28.6	31.0	33.3	42.9	50.0	60.0
0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.7	2.3	3.1	4.0	5.0	6.1	7.3	8.6	10.0	11.3	12.7	14.1	15.4	16.8	20.0	23.1	25.9	28.6	31.0	33.3	42.9	50.0	60.0
0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	1.0	1.3	1.7	2.2	2.8	3.5	4.2	5.1	6.0	7.0	8.0	9.1	10.2	11.4	12.6	13.8	15.0	16.2	17.4	20.4	23.3	26.0	28.6	31.1	33.3	42.9	50.0	60.0
0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.8	1.5	1.9	2.3	2.8	3.4	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.0	8.9	9.9	10.9	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	21.2	23.9	26.4	28.9	31.2	33.5	42.9	50.0	60.0
0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	1.0	1.8	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2	9.1	9.9	10.9	11.8	12.8	13.7	14.7	15.7	16.7	17.7	18.7	19.8	22.3	24.7	27.1	29.4	31.7	33.8	42.9	50.0	60.0
0.30	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.7	1.2	2.0	3.1	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	11.9	12.8	13.7	14.6	15.6	16.5	17.4	18.4	19.3	20.3	21.2	23.5	25.8	28.1	30.2	32.3	34.3	43.1	50.1	60.0
0.35	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8	1.4	2.3	3.3	4.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.2	13.0	13.9	14.8	15.6	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	21.0	21.9	22.7	24.9	27.1	29.2	31.2	33.2	35.1	43.5	50.2	60.0
0.40	0.0	0.1	0.2	0.5	0.9	1.6	2.4	3.5	4.8	6.3	8.0	8.7	9.4	10.2	11.0	11.7	12.5	13.4	14.2	15.0	15.9	16.7	17.5	18.4	19.2	20.1	20.9	21.8	22.6	23.5	24.3	26.4	28.4	30.4	32.3	34.2	36.0	44.0	50.5	60.1
0.45	0.1	0.2	0.5	1.0	1.7	2.6	3.7	5.0	6.5	8.1	9.9	10.6	11.4	12.2	12.9	13.7	14.5	15.3	16.2	17.0	17.8	18.6	19.4	20.3	21.1	21.9	22.7	23.5	24.3	25.1	25.9	27.9	29.8	31.7	33.5	35.3	37.0	44.6	50.8	60.2
0.50	0.2	0.5	1.0	1.7	2.6	3.7	5.1	6.6	8.2	10.0	11.8	12.6	13.4	14.2	14.9	15.7	16.5	17.3	18.1	18.9	19.7	20.5	21.3	22.1	22.9	23.7	24.5	25.3	26.1	26.8	27.6	29.5	31.3	33.1	34.8	36.4	38.1	45.3	51.3	60.4
0.55	0.5	1.0	1.7	2.6	3.8	5.1	6.6	8.3	10.0	11.9	13.8	14.6	15.4	16.1	16.9	17.7	18.5	19.3	20.1	20.9	21.7	22.4	23.2	24.0	24.8	25.5	26.3	27.0	27.8	28.5	29.2	31.0	32.8	34.5	36.1	37.7	39.2	46.1	51.9	60.7
0.60	0.9	1.6	2.5	3.7	5.1	6.6	8.3	10.1	11.9	13.8	15.8	16.6	17.4	18.1	18.9	19.7	20.5	21.3	22.0	22.8	23.6	24.3	25.1	25.8	26.6	27.3	28.1	28.8	29.5	30.2	30.9	32.6	34.3	35.9	37.5	39.0	40.4	47.0	52.5	61.0
0.65	1.4	2.4	3.6	4.9	6.5	8.2	10.0	11.9	13.8	15.8	17.8	18.6	19.3	20.1	20.9	21.7	22.5	23.2	24.0	24.7	25.5	26.2	27.0	27.7	28.4	29.1	29.8	30.5	31.2	31.9	32.6	34.2	35.8	37.4	38.9	40.3	41.7	48.0	53.3	61.4
0.70	2.1	3.3	4.7	6.3	8.1	9.9	11.9	13.8	15.8	17.8	19.8	20.6	21.3	22.1	22.9	23.6	24.4	25.2	25.9	26.6	27.4	28.1	28.8	29.5	30.2	30.9	31.6	32.3	32.9	33.6	34.2	35.8	37.3	38.8	40.3	41.6	43.0	49.0	54.0	61.9
0.75	3.0	4.4	6.1	7.9	9.8	11.7	13.7	15.8	17.8	19.8	21.8	22.5	23.3	24.1	24.8	25.6	26.3	27.1	27.8	28.5	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0	32.7	33.3	34.0	34.6	35.3	35.9	37.4	38.9	40.3	41.7	43.0	44.3	50.0	54.9	62.4
0.80	4.0	5.7	7.5	9.5	11.5	13.6	15.7	17.7	19.8	21.8	23.7	24.5	25.3	26.0	26.8	27.5	28.3	29.0	29.7	30.4	31.1	31.8	32.4	33.1	33.8	34.4	35.1	35.7	36.3	36.9	37.5	39.0	40.4	41.8	43.1	44.4	45.6	51.1	55.8	63.0
0.85	5.1	7.1	9.1	11.2	13.3	15.5	17.6	19.7	21.8	23.8	25.7	26.5	27.2	28.0	28.7	29.4	30.2	30.9	31.6	32.2	32.9	33.6	34.2	34.9	35.5	36.2	36.8	37.4	38.0	38.6	39.2	40.6	41.9	43.3	44.5	45.8	46.9	52.2	56.7	63.6
0.90	6.4	8.5	10.7	13.0	15.2	17.4	19.6	21.7	23.8	25.8	27.7	28.4	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0	32.7	33.4	34.1	34.7	35.4	36.0	36.6	37.3	37.9	38.5	39.1	39.6	40.2	40.8	42.1	43.5	44.7	46.0	47.1	48.3	53.3	57.6	64.3
0.95	7.8	10.1	12.5	14.8	17.1	19.4	21.6	23.7	25.7	27.7	29.6	30.4	31.1	31.8	32.5	33.2	33.9	34.6	35.2	35.9	36.5	37.2	37.8	38.4	39.0	39.6	40.1	40.7	41.3	41.8	42.4	43.7	45.0	46.2	47.4	48.5	49.6	54.5	58.6	65.0
1.00	9.3	11.8	14.3	16.7	19.1	21.4	23.6	25.7	27.7	29.7	31.6	32.3	33.0	33.7	34.4	35.1	35.7	36.4	37.0	37.7	38.3	38.9	39.5	40.1	40.7	41.2	41.8	42.4	42.9	43.4	44.0	45.2	46.5	47.6	48.8	49.9	50.9	55.6	59.5	65.7
1.05	10.9	13.6	16.1	18.6	21.0	23.3	25.6	27.7	29.7	31.6	33.5	34.2	34.9	35.6	36.2	36.9	37.6	38.2	38.8	39.4	40.0	40.6	41.2	41.8	42.4	42.9	43.5	44.0	44.5	45.0	45.5	46.8	48.0	49.1	50.2	51.2	52.2	56.7	60.5	66.5
1.10	12.6	15.4	18.0	20.6	23.0	25.3	27.5	29.6	31.6	33.5	35.4	36.1	36.7	37.4	38.1	38.7	39.3	40.0	40.6	41.2	41.8	42.3	42.9	43.5	44.0	44.5	45.1	45.6	46.1	46.6	47.1	48.3	49.4	50.5	51.6	52.6	53.5	57.9	61.5	67.2
1.15	14.4	17.2	20.0	22.5	25.0	27.3	29.5	31.6	33.6	35.4	37.2	37.9	38.6	39.2	39.9	40.5	41.1	41.7	42.3	42.9	43.5	44.0	44.6	45.1	45.6	46.2	46.7	47.2	47.7	48.2	48.6	49.8	50.9	51.9	52.9	53.9	54.9	59.0	62.5	68.0
1.20	16.2	19.1	21.9	24.5	27.0	29.3	31.5	33.6	35.5	37.3	39.1	39.7	40.4	41.0	41.7	42.3	42.9	43.5	44.0	44.6	45.1	45.7	46.2	46.7	47.3	47.8	48.3	48.7	49.2	49.7	50.1	51.3	52.3	53.3	54.3	55.2	56.1	60.2	63.5	68.8
1.25	18.1	21.1	23.9	26.5	29.0	31.3	33.5	35.5	37.4	39.2	40.9	41.5	42.2	42.8	43.4	44.0	44.6	45.2	45.7	46.3	46.8	47.3	47.8	48.4	48.8	49.3	49.8	50.3	50.7	51.2	51.6	52.7	53.7	54.7	55.7	56.6	57.4	61.3	64.5	69.6
1.30	20.0	23.0	25.9	28.5	31.0	33.3	35.4	37.4	39.3	41.0	42.7	43.3	43.9	44.5	45.1	45.7	46.3	46.8	47.4	47.9	48.4	48.9	49.4	49.9	50.4	50.9	51.3	51.8	52.2	52.7	53.1	54.1	55.1	56.1	57.0	57.9	58.7	62.4	65.5	70.4
1.35	21.9	25.0	27.9	30.5	33.0	35.2	37.3	39.3	41.1	42.8	44.4	45.1	45.7	46.3	46.8	47.4	47.9	48.5	49.0	49.5	50.0	50.5	51.0	51.5	52.0	52.4	52.9	53.3	53.7	54.1	54.6	55.6	56.5	57.4	58.3	59.1	59.9	63.5	66.5	71.1
1.40	23.9	27.0	29.9	32.5	34.9	37.1	39.2	41.1	42.9	44.6	46.2	46.8	47.4	47.9	48.5	49.0	49.6	50.1	50.6	51.1	51.6	52.1	52.6	53.0	53.5	53.9	54.3	54.8	55.2	55.6	56.0	56.9	57.9	58.7	59.6	60.4	61.2	64.6	67.5	71.9
1.45	25.8	29.0	31.9	34.5	36.9	39.1	41.1	43.0	44.7	46.4	47.9	48.5	49.0	49.6	50.1	50.7	51.2	51.7	52.2	52.7	53.2	53.6	54.1	54.5	55.0	55.4	55.8	56.2	56.6	57.0	57.4	58.3	59.2	60.0	60.9	61.6	62.4	65.7	68.4	72.7
1.50	27.8	31.0	33.8	36.4	38.8	40.9	42.9	44.8	46.5	48.1	49.6	50.1	50.7	51.2	51.8	52.3	52.8	53.3	53.7	54.2	54.7	55.1	55.6	56.0	56.4	56.8	57.2	57.6	58.0	58.4	58.8	59.7	60.5	61.3	62.1	62.9	63.6	66.8	69.4	73.5
1.55	29.8	33.0	35.8	38.4	40.7	42.8	44.8	46.6	48.2	49.8	51.2	51.8	52.3	52.8	53.3	53.8	54.3	54.8	55.3	55.7	56.2	56.6	57.0	57.4	57.8	58.2	58.6	59.0	59.4	59.7	60.1	61.0	61.8	62.6	63.3	64.1	64.7	67.8	70.3	74.3
1.60	31.8	35.0	37.8	40.3	42.6	44.6	46.5	48.3	49.9	51.4	52.8	53.4																												