



# **A Simulação de Monte Carlo como Instrumento de Análise de Riscos e Seleção de Projetos**

**Alexandre Kimiyaki Ligo**

# **A Simulação de Monte Carlo como Instrumento de Análise de Riscos e Seleção de Projetos**

## **Banca Examinadora**

**Prof. Dr. Orientador João Carlos Douat**

**Prof. Dr. Fábio Gallo Garcia**

**Prof. Dr. Wilson Toshiro Nakamura**

Escola de Administração de Empresas de São Paulo	
Data	Nº da Chamada
Tempo	

**FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS**  
**ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO**

**ALEXANDRE KIMIYAKI LIGO**

**A Simulação de Monte Carlo como Instrumento de Análise de Riscos e  
Seleção de Projetos**

Monografia apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração de  
Empresas.

Área de Concentração: Finanças como  
requisito para obtenção de título de Mestre  
em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. João Carlos Douat



**SÃO PAULO**

**2003**

LIGO, Alexandre Kimiyaki. *A Simulação de Monte Carlo como Instrumento de Análise de Riscos e Seleção de Projetos*. São Paulo: EAESP / FGV, 2003. 127 p. (Monografia apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração de Empresas da EAESP / FGV, Área de Concentração: Finanças).

Resumo: trata da aplicabilidade da Simulação de Monte Carlo para a análise de riscos e, conseqüentemente, o apoio à decisão de investir ou não em um projeto. São abordados métodos de análise de riscos e seleção de projetos, bem como a natureza, vantagens e limitações da Simulação de Monte Carlo. Por fim este instrumento tem sua viabilidade analisada sob a luz do processo de análise de riscos de uma empresa brasileira.

Palavras-Chave: Gerência de Projetos, Análise de Investimentos, Análise de Riscos, Simulação de Monte Carlo.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que tanto me apoiou em toda minha vida escolar, acadêmica e profissional.

## AGRADECIMENTOS

Esta monografia não poderia ter sido realizada sem o apoio financeiro da NEC do Brasil S.A., que arcou parcialmente com as mensalidades do curso de Mestrado Profissional em Administração da FGV / EAESP. Agradeço também à Thales Information Systems S.A., cuja tolerância na flexibilização de horários se mostrou fundamental para que fosse possível a conclusão deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos também ao Prof. Dr. João Carlos Douat, pela inesgotável paciência e atenção dispensadas à orientação desta monografia.

E em especial, agradeço a todos os meus familiares pelo apoio, motivação e compreensão durante os momentos alegres ou difíceis.

## EPÍGRAFE

“A incerteza dos acontecimentos, sempre mais difícil de suportar do que o próprio acontecimento”

*Jean-Baptiste Massillon*

# SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	A Importância da Avaliação de Investimentos em uma Empresa	3
1.2	A Natureza dos Riscos na Análise de Investimentos	5
1.3	Critérios de Seleção de Projetos	8
1.4	A Utilização do CAPM com Betas Específicos para cada Tipo de Projeto	11
1.5	O Método do “Equivalente-Certeza”	13
2	O Que é a Simulação de Monte Carlo Aplicada a Decisões de Investimento / Seleção de Projetos	15
2.1	Métodos Quantitativos de Análise de Riscos em Projetos	15
2.1.1	Análise de Sensibilidade	15
2.1.2	Análise de Cenários	17
2.1.3	Análise de Ponto de Equilíbrio	18
2.1.4	Árvores de Decisão	19
2.2	O que é a Simulação de Monte Carlo	21
2.2.1	As Etapas de uma Simulação de Monte Carlo	22
2.2.2	O que é a Simulação de Monte Carlo Aplicada a Decisões de Investimento / Seleção de Projetos	24
2.3	Distribuições mais Utilizadas para as Variáveis de Entrada em um Modelo	25
2.3.1	Distribuição Uniforme	25
2.3.2	Distribuição Normal	26
2.3.3	Distribuição Triangular	26
2.3.4	Distribuição Exponencial	27
2.3.5	Distribuição Log-Normal	27
2.3.6	Distribuição de Bernoulli (Discreta)	27
2.3.7	Distribuição Binomial (Discreta)	28
2.3.8	Distribuição de Poisson (Discreta)	28
2.4	Ferramentas de Software de Simulação	29
2.5	Derivação de Distribuições de Probabilidade a partir de Dados Observados	31

2.6	Derivação de Distribuições de Probabilidades a partir de Estimativas _____	32
2.7	Modelagem de Dependências _____	33
2.8	Questões Estatísticas Relativas à Simulação de Monte Carlo _____	34
2.8.1	Número de Iterações em uma Simulação _____	34
2.8.2	Interpretação dos Resultados _____	37
3	Breve Histórico da Simulação de Monte Carlo _____	38
4	Vantagens e Desvantagens da Simulação de Monte Carlo _____	40
4.1	Vantagens em Relação a Outras Técnicas _____	40
4.2	Limitações da Simulação de Monte Carlo _____	42
5	Caso Real _____	45
5.1	A Análise de Riscos nos Projetos de uma Empresa _____	46
5.2	Perfil da Empresa _____	46
5.3	O Processo Atual de Análise de Riscos nos Projetos da Empresa _____	47
5.3.1	Checklist da Proposta _____	49
5.3.2	Demonstrativo de Resultado do Projeto _____	51
5.3.3	Fluxo de Caixa do Projeto _____	56
5.3.4	Aprovação de Proposta / Projeto _____	60
5.3.5	Análise de Riscos _____	63
5.4	Pontos Fortes e Oportunidades de Melhoria no Processo Atual de Análise de Riscos da Empresa _____	66
5.5	O Processo Atual da Empresa Aplicado em um Projeto _____	67
5.6	A Inclusão da Simulação de Monte Carlo na Análise de Riscos do Projeto _____	75
5.6.1	Simulação com o Fluxo de Caixa Original do Projeto _____	75
5.6.2	Simulação com o Fluxo de Caixa Marginal _____	95
6	Conclusão _____	105
6.1	A Aplicabilidade da Simulação na Empresa Estudada _____	105
6.2	Extensões Possíveis à Simulação de Monte Carlo _____	109
7	Referências Bibliográficas _____	113

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de árvore de decisão	20
Figura 2 – Método de amostragem <i>Latin Hypercube</i>	36
Figura 3 – Cadeia simplificada de execução de contratos na empresa	47
Figura 4 – Formulário de <i>Checklist</i> da Proposta	50
Figura 5 – Formulário de Demonstração de Resultados estimados do projeto	53
Figura 6 – Formulário de Fluxo de Caixa estimado para o projeto	57
Figura 7 – Formulário de Aprovação de Proposta	62
Figura 8 – Planilha de Análise de Riscos estimados para o projeto	65
Figura 9 - Demonstrativo de Resultado para o projeto analisado	68
Figura 10 - Demonstrativo de Fluxo de Caixa para o projeto analisado	70
Figura 11 - Documento de Aprovação para a Proposta em questão	71
Figura 12 – Análise de Riscos para a Proposta em questão	73
Figura 13 - Cotação Oficial/Livre do Banco Central entre 15/12/2001 a 15/03/2002	77
Figura 14 – Modelagem da taxa de câmbio utilizando o Crystal Ball	78
Figura 15 – Ciclo Financeiro estimado para o projeto	79
Figura 16 – Modelagem para o risco do ciclo financeiro (Material Importado e Nacional)	81
Figura 17 – Correlação entre as variáveis do custo dos materiais importado e nacional	82
Figura 18 – Modelagem do impacto da indefinição dos requisitos nos custos dos serviços	84
Figura 19 – Modelagem do risco de desconto compulsório para julho, outubro e fevereiro	86

Figura 20 – Modelagem do risco de desconto compulsório para o mês de setembro	86
Figura 21 – Correlação entre as variáveis de receita (risco de desconto compulsório)	87
Figura 22 – Configuração da precisão da simulação no Crystal Ball	88
Figura 23 – Resultado da simulação com precisão fixada em 1%	89
Figura 24 – Configuração de número fixo de iterações (independente da precisão)	89
Figura 25 – Histograma da simulação fixada em 1.000 iterações	90
Figura 26 – Estatísticas da simulação do saldo final do projeto	91
Figura 27 – Ajuste de distribuição teórica do saldo final através de teste Qui-quadrado	91
Figura 28 – Gráfico de Sensibilidade do saldo final do projeto	93
Figura 29 – Simulação com o custo e atraso do material importado “travados”	94
Figura 30 – Fluxo de caixa modificado (marginal) para o projeto em questão	96
Figura 31 – Histograma da simulação do Fluxo de Caixa marginal	98
Figura 32 – Estatísticas da simulação do Fluxo de Caixa marginal	99
Figura 33 – Ajuste de distribuição teórica do fluxo marginal	100
Figura 34 – Gráfico de Sensibilidade do Fluxo de Caixa marginal	102
Figura 35 – Simulação do fluxo marginal com as variáveis críticas “travadas”	103

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
EBTIDA	<i>Earnings Before Taxes, Interest, Depreciation and Amortization</i>
EVA	Economic Value Added
EWRM	<i>Enterprise-Wide Risk Management</i>
IRR	<i>Internal Rate of Return</i>
NPV	<i>Net Present Value</i>
RAROC	Risk-Adjusted Return On Capital
TIR	Taxa Interna de Retorno (termo em português para IRR)
VPL	Valor Presente Líquido (termo em português para NPV)

# 1 INTRODUÇÃO

---

O presente trabalho tem o objetivo de analisar a aplicabilidade da simulação de Monte Carlo, como instrumento de auxílio para análise de riscos no investimento em projetos.

Na iminência de decidir sobre investir ou não em um empreendimento, os analistas, executivos, ou mesmo os acionistas de uma empresa, devem se concentrar não apenas em estimar os retornos do investimento, mas se deparam também com a necessidade de avaliar os riscos aos quais o empreendimento está exposto, sejam eles oriundos de fontes internas ou externas, e em como tais riscos podem afetar tais retornos estimados. Neste contexto, este texto procura mostrar que a simulação de Monte Carlo pode ser uma das técnicas mais úteis para a análise dos riscos ao alcance do analista, para a quantificação das incertezas e a avaliação de seus impactos na rentabilidade de um investimento. Estas informações podem auxiliar os executivos a fazerem melhores escolhas de investimento na empresa, com base no balanceamento entre risco e retorno.

Em todo este texto, está-se considerando a definição de “projeto” como qualquer empreendimento limitado no tempo, ou seja, em que seja possível estimar com antecedência seu prazo de início e conclusão, bem como as receitas e custos envolvidos. Além disso, está sendo considerado que o escopo das atividades a serem desempenhadas, bem como os resultados a serem entregues para a realização das receitas (produtos, serviços, etc.) também são definidos *a priori* entre as partes (o contratante e o contratado do projeto).

Esta seção introdutória tem o propósito de contextualizar a importância de avaliar, objetivamente, as alternativas de investimento em uma empresa. Em seguida, a partir de bibliografia sobre análise de investimentos, são descritas algumas origens e formas de classificação dos riscos encontrados nos projetos.

A introdução também traz um sumário dos critérios comumente utilizados na avaliação e seleção de projetos de investimento, com ênfase na utilização do CAPM para calcular a taxa de retorno requerida de um projeto, e conseqüentemente seu VPL. Descreve também um método alternativo de cálculo do Valor Presente Líquido, o “Equivalente-Certeza”, que consiste no ajuste ao risco de cada um dos fluxos de caixa do projeto.

A seção "O Que é a Simulação de Monte Carlo Aplicada a Decisões de Investimento / Seleção de Projetos" visa descrever algumas das técnicas quantitativas mais freqüentemente utilizadas na avaliação de investimentos, tais como a análise de sensibilidade e as árvores de decisão. Entre estes métodos é descrita a simulação de Monte Carlo, que corresponde ao ponto principal deste trabalho como ferramenta para análise de riscos. Em seguida é feita uma revisão das distribuições de probabilidade de uso mais comum na modelagem de riscos através da simulação, e são listadas algumas das ferramentas de *software* atualmente comercializadas para a simulação de Monte Carlo. Segue-se uma breve discussão sobre a modelagem das variáveis que representam os riscos em um projeto, tanto a partir de dados observados ou experimentais quanto a partir de estimativas de especialistas. São também descritas algumas das principais questões estatísticas da simulação de Monte Carlo, tais como a modelagem de dependências entre variáveis e quantidade mínima de iterações a ser definida para uma dada simulação.

Na seção "Breve Histórico da Simulação de Monte Carlo" é descrita a origem desta técnica e a motivação daqueles que a criaram, bem como a diversificação das áreas de conhecimento em que a simulação de Monte Carlo vem sendo utilizada.

O item sobre as "Vantagens e Desvantagens da Simulação de Monte Carlo" traz uma comparação dos méritos e limitações entre esta técnica e outros métodos, tais como a análise de cenários.

Após essa revisão da literatura sobre a simulação de Monte Carlo, a seção seguinte ilustra sua aplicação hipotética em uma empresa brasileira do setor de telecomunicações. Em primeiro lugar é descrito o processo atual de análise de riscos e seleção de projetos da empresa (que não inclui simulação), onde são discutidos os méritos e limitações deste processo. Em seguida, é analisado o que haveria de vantagens em termos de apoio à decisão, se a simulação de Monte Carlo fosse utilizada em um projeto real da empresa estudada.

Por fim, a seção de conclusão deste trabalho explora a aplicabilidade da simulação de Monte Carlo ao processo de análise de riscos da empresa em questão, à luz da análise feita com esta técnica em um projeto da companhia. São descritas as vantagens e dificuldades desta aplicação, que podem ir desde aspectos de capacitação em conceitos estatísticos, até a cultura da empresa em relação à análise de riscos. Também são

discutidas possíveis extensões ao estudo realizado, tanto em relação ao próprio emprego da simulação de Monte Carlo a outros aspectos da análise de riscos em projetos, quanto em relação à agregação de outros conceitos, métodos e técnicas que podem ser usados em conjunto com a simulação, de modo a complementar seus resultados e utilidade.

### **1.1 A Importância da Avaliação de Investimentos em uma Empresa**

De acordo com AGGARWAL (1993), alguns autores suportam que o foco em técnicas de fluxo de caixa descontado para a avaliação de novos investimentos não é apropriado – tal abordagem pode limitar a competitividade internacional<sup>1</sup>, por raramente incluir aspectos de difícil mensuração, tais como o impacto que um determinado investimento pode ter no sucesso de empreendimentos futuros, não diretamente relacionados ao projeto ou mesmo ao cliente em questão. Outros, no entanto, argumentam que tal crítica é incorreta – ou seja, técnicas de análise de investimentos<sup>2</sup> não são incorretas mas, na verdade, são mal aplicadas. De qualquer forma, a avaliação de novos investimentos tem importância relevante para o posicionamento competitivo de uma empresa ou nação.

A análise de investimentos geralmente consiste em estimar o valor líquido de fluxos de caixa futuros e outros benefícios, para compará-lo com o investimento inicial necessário. Contudo, a questão mais importante é o fato de que toda análise de investimentos envolve incertezas, apesar de muitos procedimentos tradicionais frequentemente ignorarem ou postergarem a consideração da incerteza inerente à estimativa dos benefícios futuros.

Basicamente, as incertezas em análise de investimentos podem vir de seis fontes, segundo AGGARWAL (1993). Mesmo para os benefícios definidos, tangíveis e razoavelmente certos, existem muitas fontes de erro de estimativa e mensuração. Em ambientes relativamente estáveis, procedimentos de análise de investimentos estão sendo aprimorados com ferramentas de previsão estatística, que reduzem erros de

---

<sup>1</sup> O autor se refere à competitividade internacional dos EUA.

<sup>2</sup> Neste texto, *Capital Budgeting* foi traduzido para *Análise de Investimentos*

estimativa. A primeira fonte de erros de mensuração e estimação diz respeito aos sistemas de contabilidade de custos que, em geral, utilizam aproximações na alocação de *overhead*. Ainda, devido à natureza única de cada empreendimento, os novos investimentos podem não produzir os retornos esperados, resultando em variações imprevistas nos custos de mão de obra, matéria-prima, estoques e outros.

Em segundo lugar, todos os projetos com valor presente líquido positivo dependem, explícita ou implicitamente, de imperfeições de mercado naturais ou criadas artificialmente. Em geral é difícil prever a estabilidade de tais imperfeições ao longo do tempo, especialmente quando elas podem ser aproveitadas também por empresas concorrentes. A situação é ainda mais crítica quando os investimentos são baseados na expectativa de ciclos de realimentação positiva, ou seja, em que uma vantagem competitiva inicial possibilita vantagens adicionais ainda maiores que a primeira. Tal situação torna a estimativa de benefícios futuros do investimento uma tarefa difícil.

Em terceiro lugar, procedimentos de análise de investimentos tradicionais geralmente ignoram a avaliação de opções criadas pelo investimento. Tais opções têm valor, independentemente de serem ou não exercidas, e deveriam ser consideradas na análise dos benefícios desse investimento. No entanto, a avaliação de opções reais associadas a um investimento é geralmente complexa, dependendo da estimativa das incertezas que são reduzidas por estas opções.

Em quarto lugar, a pesquisa em *risk assessment* indica que há considerável imprecisão e viés sistemático na estimativa e avaliação de alternativas arriscadas. Por exemplo, estimativas probabilísticas são sujeitas a desvios causados por fenômenos do comportamento humano tais como ancoragem e *framing*.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> A ancoragem consiste no processo de tomada de decisão ser influenciado pelas informações que se têm disponíveis, o que nem sempre constitui a informação correta ou suficiente para o julgamento. *Framing* consiste em atribuir intuitivamente peso maior a determinadas informações do que a outras, baseado na vivência do indivíduo – isto é, soluções passadas são “mecanizadas” na mente do executivo, que procura adaptá-las aos problemas atuais. Outros desvios podem ser causados pela inércia de experiências passadas ou mesmo o excesso de confiança – a “maldição do vencedor”.

Em quinto lugar, além das incertezas inerentes à estimação dos benefícios e custos futuros, as estimativas de taxas de juros e inflação, imperfeições nos mercados de capitais, mudanças nas alíquotas de impostos e outras incertezas do ambiente externo, fazem com que a estimação de uma taxa de desconto apropriada também seja difícil e sujeita a erro.

Finalmente, custos de agência e assimetria de informação também podem comprometer o processo de análise de investimentos. Este processo pode ser dividido em três fases que devem ser executadas eficientemente: a identificação de um conjunto de alternativas de investimento, a seleção da melhor alternativa e a implementação e gerência do investimento escolhido. Custos de agência, oriundos de diferenças nos objetivos ou nas funções de utilidade entre acionistas, gerentes, credores e outros *stakeholders*, geram ineficiências em cada uma das etapas do processo. Portanto, a seleção e gerência de novos investimentos podem não ser economicamente otimizados.

A definição de procedimentos, para estimar e lidar com cada uma das fontes de incerteza descritas anteriormente, pode ser útil para aprimorar o processo de análise de investimentos (AGGARWAL, 1993).

## **1.2 A Natureza dos Riscos na Análise de Investimentos**

A seguir são listadas as categorias de riscos mais frequentemente encontradas na bibliografia sobre análise de investimentos e *project finance*<sup>4</sup>.

GOLLUB (1997) descreve a seguinte classificação de riscos financeiros:

- Risco de mercado: corresponde à variação no valor de um *portfolio* de ativos e passivos financeiros;

---

<sup>4</sup> *Project Finance* consiste no arranjo legal de uma ou mais empresas para o financiamento, execução e realização dos lucros de um empreendimento com prazo e escopo delimitados. Em termos simples, trata da constituição de uma "pessoa jurídica" que tem um projeto como finalidade única, e que desaparece com o término do empreendimento.

- Risco de crédito: consiste na possibilidade de um devedor não cumprir uma obrigação financeira;
- Risco de liquidez: é a incapacidade de troca de um produto, ou a incapacidade de uma instituição em satisfazer suas necessidades imediatas de caixa;
- Risco operacional: inclui o risco de modelagem (erro de design ou implementação de um modelo ou projeto), risco de execução (atrasos oriundos de descumprimento de fornecedores, falta de insumos, deficiências na coordenação das atividades da empresa e outras falhas no *back office*) e o risco tecnológico, que pode se traduzir na adoção de uma determinada tecnologia que não atinge os objetivos previamente propostos;
- Risco legal: corresponde a ações judiciais, violações de regulamentos ou de normas que resultem em multas ou outras sanções penais;

ESTY (2002) descreve o histórico do *project finance* e a sua crescente exposição a alguns tipos de risco, tais como o *sovereign risk* (o risco do governo de um país não honrar suas obrigações contratuais com o projeto ou com um dos participantes do empreendimento, tais como garantias, acordos, ou contratos inferiores da entrada e do *offtake*), riscos ligados à incerteza da demanda, a novas tecnologias, etc. Tais riscos podem ser classificados em três tipos:

1. Riscos simétricos, ou seja, que podem causar desvios tanto negativos quanto positivos no resultado do projeto, tais como:
  - Risco de mercado, relativo à quantidade: onde a demanda pode ser maior ou menor que a prevista;
  - Risco de mercado, relativo ao preço: em que o preço dos produtos vendidos pode ser maior ou menor que o previsto;
  - Risco de fornecimento: onde os preços dos insumos podem ser maiores ou menores que o previsto;
  - Riscos de câmbio, taxas de juros e de inflação;

- Riscos de conclusão, que correspondem a cumprimento de prazo e orçamento;
  - Riscos de reservas – ligados à existência de recursos naturais (historicamente, as estruturas de *project finance* vêm originalmente de empreendimentos de exploração de recursos naturais, inicialmente nos EUA);
  - Riscos de *throughput* – ligados à produção na quantidade e qualidade esperadas (também muito relacionados a projetos de exploração de recursos naturais).
2. Riscos assimétricos, que causam desvios apenas negativos aos retornos, entre os quais:
- Riscos de danos ambientais causados pelo projeto;
  - Riscos de expropriação que incluem, por exemplo, aumento nos impostos ou *royalties*.
3. Riscos “binários”, ou seja, cuja ocorrência pode cessar completamente o retorno ou valor de um ou mais ativos. Por exemplo:
- Fracasso da tecnologia, ou seja, o investimento em uma solução tecnológica que não trouxe absolutamente nenhum resultado;
  - Expropriação direta (total) que pode incluir, por exemplo, o confisco de ativos ou receitas do projeto por um governo autoritário, ou mesmo casos de derrotas judiciais que envolvam transferência total de propriedade;
  - Fracasso de contrapartes, tais como fornecedores, credores, ou mesmo os próprios clientes no cumprimento de suas obrigações;
  - Riscos regulatórios ou de obtenção de licenças – por exemplo, mudanças na legislação vigente podem inviabilizar todo um modelo de negócios com um investimento já realizado;
  - Eventos de força maior, tais como catástrofes naturais ou atos políticos como guerras, greves, etc.

Apesar dos autores estarem se referindo a riscos em ativos financeiros e *project finance*, respectivamente, os fatores acima podem e devem ser levados em consideração na

análise de investimentos para a seleção de projetos em uma empresa. Por exemplo, as classificações acima podem ser utilizadas em listas de checagem, para auxiliar na identificação dos riscos mais típicos em um projeto.

### **1.3 Critérios de Seleção de Projetos**

Segue abaixo um sumário sobre a discussão a respeito dos critérios de seleção de projetos, ou seja, o que deve ser considerado para um projeto ser avaliado como “atrativo”, ou não.

BRIGHAM e SHOME (1981) exemplificam a corrente dos autores que determinam o prêmio de risco de uma empresa, ou projeto específico, como um “deslocamento” de uma referência geral, tal como o risco de mercado. Ou seja, defendem que o prêmio de risco mais confiável para uma empresa pode ser obtido a partir do prêmio do mercado (por exemplo, uma referência como o S&P500), ajustando-o para cima ou para baixo, caso a empresa seja mais ou menos arriscada que a média do S&P500.

De maneira similar, BROYLES e COOPER (1981) defendem o mesmo método de ajuste para determinar o beta de um projeto, posteriormente aplicando o CAPM para determinar a taxa de retorno mais apropriada ao empreendimento. No entanto, nenhum destes autores detalha **como** é feita tal comparação entre o nível de risco da empresa, ou projeto, e a “média” do mercado.

Ainda em relação aos critérios para seleção de projetos, MEREDITH e MANTEL (1985) descrevem diversos métodos e seu histórico, classificando-os entre critérios numéricos e não numéricos. Entre os métodos não numéricos são citados:

- A “vaca sagrada”: um projeto é considerado, simplesmente porque foi sugerido por um alto executivo ou sócio da empresa, sendo conduzido sem questionamentos até que o próprio idealizador venha a perceber que o empreendimento é inviável. Ou seja, em contextos organizacionais de distribuição inadequada de poder, é possível que investimentos sejam decididos com base em palpites ou adivinhações sem que nenhuma análise crítica, ou sequer uma discussão subjetiva, seja conduzida. Quando

a decisão recai sobre um sócio da empresa com um razoável grau de aversão ao risco, é provável que ele venha a investigar minimamente as incertezas associadas ao empreendimento antes de dar seu veredicto. No entanto, problemas de custos de agência, típicos em empresas geridas por executivos profissionais, podem levar estes últimos a comportamentos de *moral hazard*<sup>5</sup> que resultam em decisões de investimento não otimizadas (MILGROM e ROBERTS, 1992) sob o ponto de vista de risco e retorno.

- Necessidade operacional: um projeto é aprovado se seu custo for razoável, e se sua falta ameaçar a viabilidade do próprio negócio ou empresa (urgência). Pode ser possível avaliar quantitativamente os impactos de um projeto em outros empreendimentos ou na própria empresa como um todo, mas o contexto pode tornar tal análise tão demasiadamente complexa, demorada e dispendiosa frente aos custos do projeto, tornando a análise subjetiva a única alternativa viável para a situação.
- Necessidade competitiva: um projeto é aprovado se tiver custos razoáveis e se contribuir para manter a vantagem competitiva do negócio ou empresa. Mais uma vez, sob um ponto de vista financeiro, seria importante que a “vantagem competitiva” fosse quantificada em termos de receitas futuras (ou perdas futuras, se o projeto não for realizado). Mas de forma análoga à necessidade operacional descrita acima, a complexidade de uma análise deste tipo e a disponibilidade de recursos, podem exigir decisões mais rápidas e intuitivas ou subjetivas.
- Extensão ou complemento de uma linha de produtos existente, para melhor atendimento do mercado alvo da empresa. Embora esta motivação tenha sido destacada por MEREDITH e MANTEL (1985), a extensão de uma linha de produtos pode também ser considerada uma necessidade competitiva.

---

<sup>5</sup> *Moral hazard* é definido por MILGROM e ROBERTS (1992) como o problema de comportamento oportunista “pós-contratual”, que surge quando as conseqüências de determinadas ações não são facilmente monitoráveis (ou o custo do monitoramento é muito alto), levando o responsável por estas ações (por exemplo, um executivo profissional) a agir em benefício próprio prejudicando os interesses de quem o contratou (por exemplo, o acionista).

- **Modelos de comparação:** consistem na ordenação de uma lista de projetos, baseada em critérios não numéricos definidos *a priori*, tais como a opinião de “especialistas”, por exemplo.

Entre os métodos numéricos, MEREDITH e MANTEL (1985) os sub-classificam entre “lucratividade” e “pontuação” (para a ordenação e comparação de projetos em uma lista de empreendimentos potenciais):

- **Crítérios de “Pontuação”**
  - Critérios simples, ou seja, tipicamente baseados em um único fator (uma pontuação dada para a receita bruta de cada projeto, por exemplo).
  - Ponderação de vários fatores.
  - Outros (ponderação de vários fatores com programação linear, etc.).
- **Crítérios de “Lucratividade”**
  - *Payback* – o período de tempo no qual o montante investido no projeto retorna para a empresa ou acionista, em valores nominais.
  - Taxa média de retorno – tanto este método quanto o anterior não são recomendados, obviamente por não considerarem o valor do dinheiro no tempo.
  - Fluxo de caixa descontado e valor presente líquido.
  - Taxa interna de retorno – a taxa de desconto para a qual o valor presente líquido de um empreendimento é nulo.
  - Índice de lucratividade (consiste apenas em uma formulação alternativa do VPL).
  - Outros métodos quantitativos para análise do retorno do projeto.

Porém, mesmo nos critérios numéricos que levam em consideração o valor do dinheiro no tempo, os autores também não dão ênfase ao problema do tratamento aos riscos específicos dos projetos, seja através da determinação de uma taxa de desconto compatível para cada empreendimento ou qualquer outra técnica.

Apesar disso, MEREDITH e MANTEL (1985) descrevem alguns problemas comuns nos critérios de avaliação e seleção de projetos:

- Artificialidade e arbitrariedade no uso de dados contábeis – problema mencionado também por AGGARWAL (1993). O fato de que dados contábeis podem ser de fácil acesso dentro da empresa, pode levar a uma utilização negligente de custos e preços de ativos históricos ao invés de seus valores de mercado, além de considerar as datas dos eventos geradores das despesas e receitas (regime de competência) ao invés do fluxo do caixa efetivo da empresa. Tal falta de cuidado pode ser crítica na seleção de projetos menos rentáveis em detrimento de outros mais atrativos, ou mesmo a aprovação de projetos com deficiência de fluxo de caixa.
- Critérios de medição, que podem envolver questões como objetividade e subjetividade, medidas qualitativas e quantitativas, confiabilidade e validade dos dados. Métodos e critérios não numéricos são largamente utilizados mesmo em situações nas quais, em tese, poderiam ser utilizados métodos numéricos. No entanto a complexidade do problema, pressões de tempo, cultura da empresa e qualificação dos profissionais, entre outros fatores, podem inviabilizar a aplicação de métodos numéricos. De qualquer forma, cabe ressaltar que uma análise quantitativa não necessariamente tem melhor qualidade que qualquer análise subjetiva. De fato, a simples presença de números pode gerar falsa impressão de confiabilidade e precisão da análise.
- Choques tecnológicos ao longo do projeto. Uma tecnologia adotada em um projeto pode se tornar obsoleta antes que ele termine, o que pode resultar em um cancelamento do contrato (fazendo com que o fornecedor arque com o investimento perdido), ou na insatisfação do cliente com uma solução que não atende aos objetivos propostos no início do projeto.

#### **1.4 A Utilização do CAPM com Betas Específicos para cada Tipo de Projeto**

Para a análise do Valor Presente Líquido, o fluxo de caixa de um projeto deve ser descontado ao custo de oportunidade do capital, que consiste no retorno esperado pelo investidor em um investimento com grau de risco equivalente ao do projeto em questão.

Uma estimativa do custo de oportunidade pode partir do custo de capital da empresa, que por sua vez pode ser obtido através do CAPM. No entanto, esta estimativa só é válida se os riscos associados ao projeto considerado forem equivalentes aos riscos aos quais a empresa está exposta, ou se for possível obter informações de outra empresa, que tipicamente execute projetos comparáveis àquele que está sendo analisado. O problema é que, em geral, tais riscos diferem tanto instantaneamente, quanto ao longo do tempo (HOLTAN, 2002; BREALEY e MYERS, 2000).

Desta forma, é necessário que se façam ajustes de forma a obter uma taxa de desconto específica para o projeto ou, alternativamente, estimar uma taxa de desconto específica para cada um dos componentes do fluxo de caixa.

BREALEY e MYERS (2000), bem como FINNERTY (1996), sustentam que o retorno requerido de um projeto deve ser função de um beta específico para o mesmo, ajustado pelos riscos particulares do empreendimento em questão. Para este propósito, sugerem que os betas de empresas que estejam no mesmo tipo de negócio do projeto em questão sejam usados como *proxies*, ou seja, aproximações do beta do projeto.

No caso de empresas abertas, cujos ativos financeiros são negociados em mercados de capitais sofisticados e de alta competição e liquidez, há relativa facilidade de encontrar betas de empresas que atuem em empreendimentos semelhantes ao projeto que está sendo analisado. De fato, estes betas são periodicamente publicados na imprensa especializada, portanto é ampla a disponibilidade deste tipo de informação.

No entanto, a situação acima representa um caso particular da totalidade dos mercados e empresas. A obtenção de informações de empresas de capital fechado geralmente é difícil e dispendiosa. Além disso, em mercados de capitais pouco desenvolvidos – entre eles o brasileiro – a assimetria de informação, ausência de dados históricos e outras imperfeições dificilmente permitem o levantamento estatístico do beta de um projeto, de uma empresa ou mesmo de um setor de forma confiável (BODIE, KANE e MARCUS, 2002).

Além disso, a abordagem acima é adequada para se tentar capturar o risco sistemático, não diversificável, de um projeto. BREALEY e MYERS (2000) sustentam que a identificação dos riscos específicos (diversificáveis) dos projetos devem estar refletidos no valor esperado de seus fluxos de caixa. Isto é, se uma incerteza está associada

especificamente a uma fonte de receita do projeto, esta receita deve ser ajustada ao seu valor esperado (levando em conta o risco em questão) – o que não interfere na taxa de retorno requerida pelo investidor. Ou seja, **é incorreto acrescentar fatores arbitrários ao beta ou à taxa de retorno do projeto em função do receio de receitas ou custos incertos.**

WEIGT (2001) também analisa algumas ferramentas de gestão de riscos que podem ser aplicadas à seleção de projetos. O RAROC (Risk-Adjusted Return On Capital) consiste em um processo de ajuste da taxa de retorno ao risco de cada atividade, baseando-se em betas internos e avaliações estatísticas da volatilidade de cada operação. A autora, no entanto, também admite que é difícil estimar a distribuição de retornos (ou betas) de ativos ou divisões específicas, ou mesmo de uma determinada empresa como um todo.

### 1.5 O Método do “Equivalente-Certeza”

A fim de se obter o Valor Presente Líquido de uma seqüência de fluxos de caixa sujeitos a incertezas, os fluxos são geralmente descontados a uma taxa requerida de retorno ajustada por um método como o CAPM. No entanto, conforme descrito anteriormente, tal ajuste do risco do projeto não é uma tarefa trivial, devido à dificuldade de se determinar o seu beta específico.

Além disso, mesmo quando a determinação do beta do projeto é factível, BREALEY e MYERS (2000) sustentam que, quando este beta varia ao longo do tempo, a determinação da taxa de desconto ajustada pelo CAPM não é apropriada.

Nestas situações, uma solução possível é a utilização de fluxos de caixa “equivalentes em certeza”, ou seja, fluxos de caixa totalmente ajustados para os riscos associados. Nesta abordagem, a taxa de desconto utilizada para calcular o Valor Presente Líquido resume-se à taxa de retorno livre de risco. Isto é, o VPL pode ser calculado como:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r_f)^t}$$

onde  $r_f$  é a taxa de desconto livre de risco e  $C_t$  são os fluxos de caixa totalmente ajustados para os riscos associados. Na prática, cada um dos  $C_t$  será menor do que o fluxo estimado sob incerteza (ou igual, caso um determinado fluxo de caixa seja totalmente livre de riscos).

No entanto, apesar de eliminar a dificuldade em se determinar a taxa de desconto apropriada aos riscos envolvidos, o problema é apenas “pulverizado” na determinação de cada um dos fluxos de caixa “equivalentes em certeza”. Provavelmente é devido a este fato que BREALEY e MYERS (2000) recomendam este método para o caso particular de projetos cuja exposição aos riscos varia ao longo do tempo.

## **2 O QUE É A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO APLICADA A DECISÕES DE INVESTIMENTO / SELEÇÃO DE PROJETOS**

---

Esta seção contém a definição para a simulação de Monte Carlo, e como este método pode ser utilizado como instrumento de suporte nas decisões de investimento em potenciais projetos de uma empresa.

Antes, porém, segue uma breve revisão de outros métodos quantitativos utilizados na análise de riscos em projetos, que são largamente utilizados e têm alguns pontos em comum com a simulação de Monte Carlo.

### **2.1 *Métodos Quantitativos de Análise de Riscos em Projetos***

BREALEY e MYERS (2000) descrevem alguns dos métodos mais utilizados, na prática operacional das empresas, que envolvem o uso de alguma espécie de simulação para avaliar o comportamento do Valor Presente Líquido de um projeto em função de seus riscos: a análise de sensibilidade, a análise de cenários, a análise de ponto de equilíbrio, a simulação de Monte Carlo e as árvores de decisão.

#### **2.1.1 Análise de Sensibilidade**

Entre as técnicas de análise de sensibilidade, análise de cenários, análise de ponto de equilíbrio, simulação de Monte Carlo e árvores de decisão, BREALEY e MYERS (2000) consideram a análise da sensibilidade como a mais útil e a mais importante. Sua aplicação e compreensão não são complexas; além disso, pode ser eficaz em identificar a necessidade de informações adicionais. A análise da sensibilidade tem o objetivo de avaliar o efeito das entradas principais no projeto, a partir da análise de uma variável de cada vez. Por exemplo, permite visualizar o que acontece com o lucro ou valor presente líquido de um projeto, caso ele dependa da aquisição de bens importados e a taxa de câmbio venha a atingir o pior valor previsto.

A lógica da análise de sensibilidade reside no fato de que quando o fluxo de caixa e VPL, demonstrativo de resultados ou cronograma de um projeto é estimado, esta estimativa está baseada nas melhores previsões do analista ("valores mais prováveis") dos custos, receitas, prazos, participação de mercado, etc. Como estes valores estão sujeitos a incertezas, a análise de sensibilidade consiste em identificar as variáveis que mais afetam o resultado em consideração, e analisar o efeito de cada uma das previsões, na eventualidade delas estarem erradas.

Uma variável chave, de cada vez, tem seu valor previsto por uma estimativa otimista e outra pessimista, e a partir daí o resultado de interesse (o VPL, por exemplo), é recalculado. Desta maneira, os analistas e executivos podem identificar as variáveis analisadas que mais afetam o resultado do projeto, e assim buscar informações ou contramedidas que reduzam as incertezas de maior impacto potencial.

Um exemplo de análise de sensibilidade é mostrado abaixo:

Valor Presente Líquido (milhões de R\$)			
Variável	VPL Pessimista	VPL Mais Provável	VPL Otimista
Volume de vendas	-5	5	10
Preço unitário	4	5	6
Custos	0	5	6
Câmbio US\$/R\$	-4	5	8

O exemplo acima mostra que o volume de vendas e a taxa de câmbio são as variáveis de maior influência sobre o Valor Presente Líquido do Projeto. Desta forma, pode-se procurar obter informações para melhorar a incerteza sobre o volume de vendas, além de efetuar operações de *hedge* para se proteger da flutuação cambial, por exemplo.

A força da análise de sensibilidade está no seu potencial de destacar as suposições e variáveis chaves, de explicitar inconsistências, e de identificar onde é mais importante obter informações adicionais ou planejar ações de contingência. No entanto, a análise de sensibilidade é limitada, no sentido de que as previsões otimistas e pessimistas podem ser tão subjetivas quanto as previsões mais prováveis, além de ignorar possíveis correlações entre as variáveis de entrada analisadas.

### 2.1.2 Análise de Cenários

Em contraste com a análise de sensibilidade, onde os efeitos nos resultados de um projeto são avaliados a partir de uma única variável de cada vez, a análise de cenários consiste na projeção de uma ou mais “fotografias” de possíveis situações em que o projeto pode se encontrar, ou seja, entre dois cenários pode haver variação não apenas em uma, mas em **todas** as variáveis relevantes.

Desta forma, a análise de cenários traz implícitas as eventuais interdependências entre as variáveis, o que constitui uma limitação da análise de sensibilidade (BREALEY e MYERS, 2000).

Portanto, os analistas e executivos podem estimar os principais efeitos oriundos de um “cenário pessimista” onde, por exemplo, múltiplas variáveis do projeto seriam afetadas por uma guerra, uma alta dos preços internacionais dos insumos importados ou atitudes arbitrárias do governo. De forma análoga podem ser construídos cenários “otimistas”, “conservadores”, “arrojados”, etc.

Por outro lado, a análise de cenários também pode padecer do mesmo problema de subjetividade da análise de sensibilidade, dado que os cenários nada mais são do que suposições sobre estados futuros. Ninguém pode determinar, com absoluta certeza, se um cenário é realista ou não.

Ainda, a análise de cenários elimina uma importante propriedade da análise de sensibilidade: a capacidade de analisar o quanto o resultado de um projeto é afetado por uma determinada variável, isoladamente. Em cada cenário se está analisando o efeito de todas as variáveis, simultaneamente, não sendo possível destacar a influência de cada uma delas no resultado.

### 2.1.3 Análise de Ponto de Equilíbrio

A análise de Ponto de Equilíbrio (ou *Break-even Analysis*), descrita por BREALEY e MYERS (2000), consiste em calcular o nível de receitas que resulta em um Valor Presente Líquido nulo para o projeto. Sua utilidade está em estimar o nível mínimo de um novo produto ou investimento, em termos de geração de receitas, a fim de que o retorno sobre o capital investido seja satisfatório.

No entanto, é muito importante distinguir tal análise de ponto de equilíbrio, que leva em conta a taxa de retorno requerida para o capital (pois está baseada no cálculo do VPL), da análise de ponto de equilíbrio contábil, amplamente discutida na literatura de contabilidade de custos por autores tais como HORNGREN, FOSTER e DATAR (1999) e muito utilizada no cotidiano nas empresas. Este último método consiste em calcular o nível de receitas que resulta em lucro contábil nulo.

Na verdade, um lucro contábil nulo significa, na melhor das hipóteses, que a empresa que investiu no projeto não obteve nenhum retorno financeiro sobre o capital investido. Em outras palavras, o investidor realizou prejuízo igual ao custo de oportunidade do capital, que poderia ter sido investido em outro empreendimento, com nível de risco equivalente a uma taxa de retorno apropriada para este risco (BREALEY e MYERS, 2000).

Para ilustrar tal fato, considere-se o exemplo trivial do projeto de lançamento de um novo produto de consumo. O projeto exige \$1 milhão de investimento aplicado integralmente nos custos incorridos no início do ano, estima-se que serão vendidas 100.000 unidades, a um preço unitário de \$10, e que toda a venda ocorrerá somente no final do período. Para efeito de simplicidade, desconsidere-se a depreciação e os impostos. Desta forma, decorre que as 100.000 unidades (ou \$1 milhão), correspondem ao ponto de equilíbrio contábil, ou seja, as receitas se igualam aos custos incorridos. Com níveis de venda acima de 100.000 unidades, passaria a se realizar lucro contábil.

No entanto, tal cálculo não leva em conta o custo de oportunidade do capital investido. Supondo que o risco do empreendimento exija uma taxa de retorno de 10% ao ano, e considerando o mesmo nível de vendas de 100.000 unidades, o Valor Presente Líquido para este projeto seria:

$$VPL = -1.000.000 + \frac{100.000 * 10}{1,1} = -\$90.909,09. \text{ Ou seja, o projeto teria retorno}$$

insatisfatório, neste nível de vendas. Para que este empreendimento resultasse em um Valor Presente Líquido nulo, deveriam ser vendidas pelo menos 110.000 unidades:

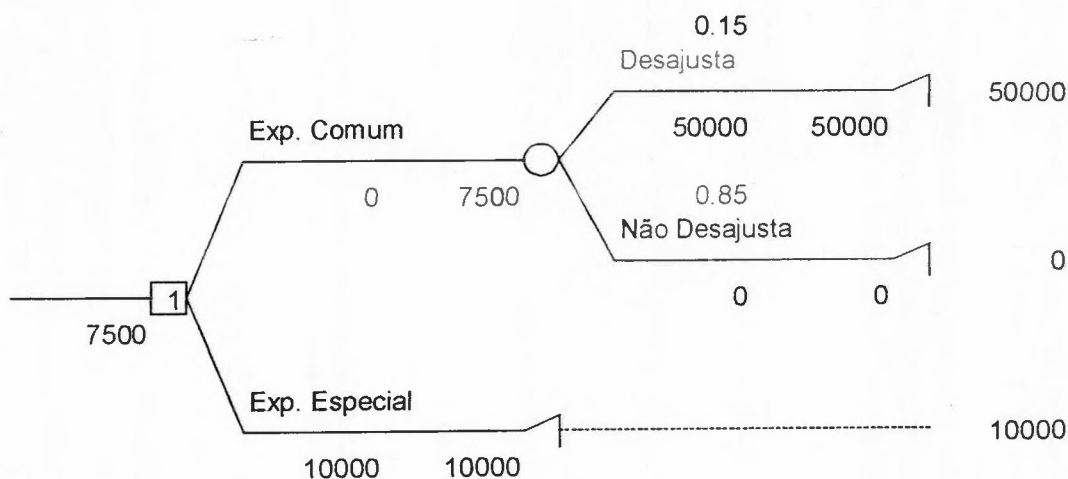
$$VPL = -1.000.000 + \frac{110.000 * 10}{1,1} = \$0$$

Utilizada de forma adequada, a análise de ponto de equilíbrio permite analisar o impacto da alavancagem operacional (isto é, a proporção de custos fixos em relação aos custos totais do projeto) sobre o Valor Presente Líquido. Isto é, projetos com altos custos fixos têm seus resultados fortemente ligados aos níveis de receitas. Quando as vendas forem altas, o VPL do projeto tende a ser melhor do que em outros projetos com mesmo nível de receita, mas com alavancagem operacional menor. Por outro lado, se as receitas estiverem abaixo do ponto de equilíbrio o resultado negativo será mais pronunciado do que em outros projetos (BREALEY e MYERS, 2000).

#### 2.1.4 Árvores de Decisão

De acordo com BREALEY e MYERS (2000), as árvores de decisão são úteis para se analisar diferentes seqüências de eventos incertos, e decisões que podem ser tomadas ao longo da vida de um projeto. Pode ser uma maneira eficaz de analisar decisões que sejam interdependentes ao longo do tempo, uma vez que mostra graficamente as ligações entre decisões possíveis em momentos distintos do projeto, e que podem influir em resultados futuros incertos.

A figura abaixo mostra um exemplo simples de árvore de decisão, aplicado a um problema de investimento no transporte de um equipamento frágil. Consiste em decidir entre uma modalidade de transporte comum (que custa \$0) e uma modalidade de transporte especial (que custa \$10.000).



**Figura 1** – Exemplo de árvore de decisão

Neste diagrama o quadrado representa um ponto de decisão (escolher entre o transporte comum ou o transporte especial), e o círculo representa um ponto de incerteza: se for escolhido o transporte comum, há um risco de 15% de haver um desajuste no equipamento, que acarretará um custo de reparo no equipamento de \$50.000; por outro lado, apesar de mais caro, o transporte especial não está sujeito a tal risco.

O diagrama mostra que o Valor Esperado do transporte comum é de \$7.500 (15% de probabilidade sobre o custo de reajuste de \$50.000). Desta forma, um tomador de decisão decidiria pelo transporte comum (valor esperado de \$7.500), ao invés do transporte especial (que custa \$10.000). Porém, tal conclusão está baseada na hipótese de que o executivo é neutro em relação ao risco, ou seja, não tem nenhum viés de aversão ou tolerância ao risco, baseando-se apenas na probabilidade e no conseqüente valor esperado de cada alternativa.

Conforme visto no exemplo simples acima, os valores esperados e as decisões são calculados e analisados em “ordem reversa”, ou seja, do final para o começo da árvore. A mesma lógica se aplica a outras possíveis decisões e pontos de incerteza subseqüentes, que poderiam estar presentes, além do problema de transporte no caso do equipamento acima (por exemplo, sua instalação, treinamento, manutenção, etc.).

Além de permitir a visualização das ligações entre as decisões e incertezas, ao longo do tempo, as árvores de decisão explicitam suposições que, de outra forma, poderiam não estar claras. Por exemplo, a árvore de decisão de um projeto poderia explicitar a decisão de abandonar (ou aceitar) um projeto antes do seu início, além de uma possível opção de expandi-lo, ou mesmo cancelá-lo em um certo momento, em função da ocorrência de determinados eventos incertos. Tal opção certamente acrescentaria valor ao Valor Presente Líquido do projeto.

No entanto sua utilidade é limitada, uma vez que, apesar do exemplo acima ser trivial, árvores de decisão modelando situações mais complexas podem, rapidamente, se mostrar impraticáveis para análise.

Ainda, as árvores de decisão não auxiliam na determinação dos ajustes que seriam necessários nas taxas requeridas de retorno, que a princípio são diferentes em cada opção da árvore – pois os riscos a que o projeto estará sujeito estão ligados às decisões tomadas (BREALEY e MYERS, 2000).

## **2.2 O que é a Simulação de Monte Carlo**

A rigor, a simulação de Monte Carlo consiste em um experimento de amostragem, cujo objetivo principal está em estimar a distribuição de probabilidades de uma variável de resultado, que depende de outras variáveis aleatórias (EVANS e OLSON, 1998).

De acordo com HOLTAN (2002), o uso da simulação de Monte Carlo tem crescido para a avaliação e análise de ativos, sejam eles reais, ou derivativos financeiros.

BREALEY e MYERS (2000) consideram a simulação de Monte Carlo como uma extrapolação da lógica da análise de cenários. Nesta última, os analistas projetam manualmente uma certa quantidade de cenários possíveis, conforme descrito anteriormente. A simulação de Monte Carlo consiste em combinar valores das variáveis principais, de forma automática e aleatória, geralmente com o auxílio de ferramentas de *software* que, por conseguinte, geram uma grande quantidade de cenários, automaticamente.

Neste processo, ao invés de estimar cenários, o analista do projeto prevê a variação de cada fonte de incerteza, na forma de sua distribuição de probabilidades. A partir daí, o *software* se encarrega de gerar amostras das variáveis, com base em suas distribuições, e calcula o resultado do modelo (o Valor Presente Líquido de um projeto, por exemplo) baseado nestas amostras. Este processo de amostragem aleatória e cálculo do resultado é repetido automaticamente por centenas ou milhares de vezes, de modo a simular o comportamento da variabilidade do resultado do projeto, com base nas distribuições de probabilidades das variáveis – onde, na verdade, estão implícitas as incertezas do projeto (BREALEY e MYERS, 2000).

### 2.2.1 As Etapas de uma Simulação de Monte Carlo

Em suma, a simulação de Monte Carlo envolve três etapas principais:

- Determinar as equações que modelam adequadamente o objeto de análise (por exemplo, o fluxo de caixa do projeto). Este modelo deve refletir as interdependências entre as variáveis (BREALEY e MYERS, 2000). Na verdade, muitos dos passos utilizados na análise de um projeto através de simulação são os mesmos de uma análise simples de VPL. O primeiro passo é criar um modelo de fluxo de caixa para o projeto, identificando todas as receitas e custos relevantes (vendas, custo das mercadorias vendidas, impostos, investimento inicial, etc.), o horizonte de planejamento e o valor terminal (HOLTAN, 2002).
- Identificar os componentes do fluxo de caixa que são fortemente influenciados por incertezas, e escolher modelos (formatos e parâmetros de distribuições de probabilidade) que reflitam as características aleatórias destes componentes. Então, são definidos o método e a taxa de desconto, que devem estar adequados aos tipos e formas das incertezas (HOLTAN, 2002).
- Executar a simulação. Em geral, esta é uma etapa executada quase inteiramente pelo *software*, bastando ao analista especificar alguns parâmetros da simulação (quantidade de iterações, ou seja, quantos “cenários” devem ser gerados, o que fazer em caso de erros, etc.). A partir das distribuições de probabilidade das variáveis, o *software* realiza uma amostra aleatória, calcula o resultado do modelo e o armazena. A

amostragem e o armazenamento do resultado são executados tantas vezes quantas forem especificadas pelo analista, de modo a se poder analisar o comportamento do resultado frente às incertezas, modeladas nas distribuições de probabilidade.

Em geral, a maioria dos fluxos de caixa envolvem risco, embora haja grande variabilidade no grau de incerteza, e no impacto que pode ser causado no resultado do projeto. De acordo com HOLTAN (2002), na criação do modelo é útil se concentrar em um ou dois componentes do fluxo de caixa, cujos impactos no resultado são os mais críticos.

EVANS e OLSON (1998) descrevem alguns passos adicionais ao processo acima. Após a implementação, o modelo deve ser verificado de modo a se certificar de que não existam erros lógicos; também deve ser validado, ou seja, deve-se certificar que o modelo representa a situação real com razoável precisão. Estes passos são importantes para propiciar credibilidade e aceitação às conclusões derivadas da simulação.

O passo seguinte é o desenho do experimento, ou seja, a determinação dos valores dos fluxos de caixa controláveis que serão usados, bem como as questões específicas que o indivíduo busca responder – por exemplo, se o foco está em conhecer o fluxo de caixa de um projeto, ou os efeitos de uma determinada fonte de custos importante e incerta.

A partir daí já é possível executar a simulação e analisar os resultados, para uma posterior tomada de decisão (EVANS e OLSON, 1998). A execução da simulação consiste na amostragem das variáveis, de acordo com suas distribuições modeladas, sendo que, em cada iteração, o resultado do modelo é obtido com base nestes valores amostrados.

Desta forma, o principal produto da simulação é uma “distribuição de resultados” do modelo, armazenados a partir de cada uma das iterações executadas. Com estes dados, é possível construir um histograma de frequências dos resultados obtidos (eventualmente usando percentuais acima ou abaixo de determinados valores), o que fornece uma noção da distribuição de probabilidades do resultado do modelo, em função dos riscos do projeto, refletidos na modelagem das distribuições de probabilidade das variáveis de entrada.

A partir da distribuição do resultado, é possível tanto analisar qualitativamente a exposição ao risco do projeto, através da observação do formato, assimetria (*skewness*), “achatamento” (*kurtosis*), etc. da distribuição, quanto extrair informações numéricas, tais como as estatísticas básicas de média, mediana, desvio e erro padrão, entre outros parâmetros.

Os resultados da simulação também podem ser apresentados na forma de intervalos de confiança da variável de interesse (o VPL médio, por exemplo). Deste modo o executivo da empresa pode analisar a variabilidade do resultado da simulação frente a um coeficiente de confiança (95% ou 98%, por exemplo), que reflita seu particular grau de aversão ao risco.

As formas de apresentação dos resultados descritas acima podem facilmente ser obtidas das ferramentas de *software* disponíveis para simulação. Ainda, algumas destas ferramentas dispõem de facilidades adicionais, tais como a possibilidade de estimar quais variáveis de entrada (e, conseqüentemente, quais dos riscos modelados) têm maior efeito na variabilidade do resultado, o que permite a eventual priorização de ações preventivas ou corretivas para minimizar os impactos das incertezas nos projetos.

A análise dos resultados da simulação de Monte Carlo será exemplificada na sua aplicação a um projeto real de uma empresa, descrito mais adiante.

## 2.2.2 O que é a Simulação de Monte Carlo Aplicada a Decisões de Investimento / Seleção de Projetos

De acordo com EVANS e OLSON (1998), a simulação constitui o processo de construir um modelo lógico, ou matemático, de um sistema ou problema de decisão, e realizar experimentos com o modelo, de maneira a obter indícios sobre o comportamento do sistema, ou auxiliar na solução do problema de decisão.

Na simulação, o computador gera um grande número – de centenas a milhares – de conjuntos de amostras aleatórias dos valores dos componentes do fluxo de caixa, que estejam sujeitos a incertezas. Cada conjunto de amostras aleatórias representa a combinação de um valor possível de cada componente, ou seja, um cenário – também chamado de iteração, ou *trial*. Cada amostra é realizada de modo a reproduzir a

distribuição de probabilidade da variável em questão – desta forma, a distribuição dos valores calculados no modelo refletem as probabilidades de ocorrência destes valores (VOSE, 1996).

Neste processo o computador calcula, em cada iteração, o VPL resultante do fluxo de caixa particular de um conjunto de amostras aleatórias. Daí a média dos VPL's obtidos em todas as iterações, resulta em uma estimativa do VPL do projeto (HOLTAN, 2002).

De acordo com VOSE (1996), cada iteração da simulação de um modelo de análise de riscos deve corresponder a um cenário realista. Isto é, deve ter chance de ocorrer no mundo real. É comum atribuir valores não realistas às variáveis, ou modelar incorretamente o problema em questão.

Em relação à estimativa e gerência de projetos, outra aplicação útil e freqüente da simulação de Monte Carlo consiste na análise dos prazos envolvidos em cada atividade na execução do empreendimento. A exploração desta aplicação está fora do escopo deste trabalho, podendo futuramente ser objeto de pesquisas complementares na área de gestão de projetos.

### **2.3 Distribuições mais Utilizadas para as Variáveis de Entrada em um Modelo**

EVANS e OLSON (1998) listam as distribuições de probabilidade, contínuas e discretas, de utilização mais comum nos modelos de simulação. Seguem abaixo suas funções de densidade de distribuição, e algumas das aplicações típicas de cada uma delas.

#### **2.3.1 Distribuição Uniforme**

$$f(x) = \frac{1}{b-a}, \text{ onde } a \leq x \leq b$$

Média:  $(a+b)/2$ , variância:  $(b-a)^2/12$

A distribuição uniforme é muitas vezes utilizada quando não se conhece a variável aleatória com clareza. Por exemplo, pode representar um custo ou receita sujeito a uma incerteza na qual não se tem experiência similar, ou informação disponível sobre sua

variabilidade. Neste caso, a e b constituem estimativas arbitrárias do valor mínimo e máximo de variação do componente em questão (EVANS e OLSON, 1998).

### 2.3.2 Distribuição Normal

$$f(x) = \frac{e^{-(x-\mu)^2 / 2\sigma^2}}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}, -\infty < x < \infty \quad \text{Média: } \mu, \text{ variância: } \sigma^2$$

A distribuição Normal ou Gaussiana – com o formato de “sino” característico – é amplamente utilizada, devido a suas propriedades matemáticas tais como simetria, mediana igual a média, ampla disponibilidade de tabelas, distribuição normal da média de amostras diversas segundo o Teorema do Limite Central, etc. A ampla literatura disponível sobre as propriedades da distribuição Normal incluem BUSSAB (1987), para conceitos básicos, e SPANOS (1999), para uma discussão mais aprofundada de inferência estatística. EVANS e OLSON (1998) argumentam que a distribuição Normal pode ser encontrada em diversos fenômenos encontrados na natureza, tais como alguns tipos de erros (desvios dimensionais de itens manufaturados), tempos de processamento em determinados tipos de serviços, etc. No entanto, SPANOS (1999) alerta para o fato de que a facilidade de manuseio da distribuição Normal leva muitos analistas a modelarem o comportamento de variáveis aleatórias segundo esta distribuição, sem a adequada investigação de seu real comportamento. Tal tendência pode resultar freqüentemente em modelos errados – ou seja, SPANOS (1999) sugere que a distribuição Normal pode não ser tão universalmente aplicável quanto parece. Portanto, deve-se usar de precaução para não simplificar exageradamente o comportamento de um fenômeno, somente para que ele se “encaixe” em uma curva Normal ou outra distribuição simples.

### 2.3.3 Distribuição Triangular

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)}, & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)}, & c < x \leq b \\ 0, & x < a \wedge x > b \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Média: } (a+b+c)/3 \\ \text{Variância: } (a^2+b^2+c^2-ab-ac-bc)/18 \end{array}$$

a é o valor mínimo, b é o máximo e c é o valor mais provável.

A distribuição triangular é, muitas vezes, utilizada como uma simplificação da Normal ou Log-Normal, ou quando não se conhece a variável aleatória com clareza (como no caso da Uniforme, mas desta vez com um parâmetro a mais – o valor mais provável). Uma eventual desvantagem desta distribuição, e também da Uniforme, é o fato dela ser limitada (entre a e b), não admitindo na modelagem possíveis ocorrências fora desta faixa (EVANS e OLSON, 1998).

### 2.3.4 Distribuição Exponencial

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, x \geq 0 \quad \text{Média: } 1/\lambda, \text{ variância: } (1/\lambda)^2$$

Uma possível aplicação da distribuição exponencial pode ser uma fonte de custo em um projeto que tem grande probabilidade de não existir, mas que eventualmente pode surgir (e com probabilidade decrescente, à medida em que cresce a magnitude deste custo).

### 2.3.5 Distribuição Log-Normal

$$f(x) = \begin{cases} \frac{e^{-(\ln(x)-u)^2/2\sigma^2}}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}}, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Média: } e^{u+\sigma^2/2} \\ \text{Variância: } e^{2u+2\sigma^2}(e^{\sigma^2}-1) \end{array}$$

Assim como a exponencial, a distribuição log-normal é limitada em zero e não admite valores negativos, tendo um “pico” próximo da origem. Portanto, aplicações possíveis podem envolver os prazos de conclusão das tarefas em um projeto, além de preços de ativos financeiros ou imobiliários (EVANS e OLSON, 1998).

### 2.3.6 Distribuição de Bernoulli (Discreta)

$$p(x) = \begin{cases} 1-p, & \text{se } x=0 \\ p, & \text{se } x=1 \end{cases}$$

p é a probabilidade de sucesso, nesta distribuição. Pode ser utilizada para a modelagem de riscos “binários”, ou seja, cuja ocorrência pode cessar o retorno ou valor de um ou mais ativos. Por exemplo:

- Fracasso da tecnologia;

- Expropriação direta (total);
- Fracasso de contrapartes;
- Riscos regulatórios ou de obtenção de licenças;
- Eventos de força maior, tais como catástrofes naturais, ou atos políticos como: guerras, greves, etc. (ESTY, 2002).

### 2.3.7 Distribuição Binomial (Discreta)

$$p(x) = \begin{cases} \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, & \text{se } x = 1, 2, \dots, n \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Média:  $np$

Variância:  $np(1-p)$

A Binomial consiste na distribuição de  $n$  replicações de um evento que segue a distribuição de Bernoulli, com probabilidade  $p$  de sucesso em cada replicação (EVANS e OLSON, 1998).

### 2.3.8 Distribuição de Poisson (Discreta)

$$p(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, & \text{se } x = 1, 2, \dots \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Média = variância =  $\lambda$

A distribuição de Poisson modela a quantidade de ocorrências de um evento em alguma unidade de medida (EVANS e OLSON, 1998). Por exemplo, pode representar a quantidade de unidades vendidas de um determinado produto, resultante de um projeto de desenvolvimento.

EVANS e OLSON (1998) descrevem outras distribuições, que também podem ser úteis em modelos de simulação, particularmente devido a sua capacidade de assumir formas variadas, em função das relações entre seus parâmetros. Entre elas são citadas:

- A família de distribuições Gama, que podem ser utilizadas para modelar o prazo de execução das tarefas em um projeto, riscos envolvidos em seguros, etc.
- A família de distribuições Weibull, que também podem ser usadas para modelar o prazo de execução de tarefas, o tempo entre falhas de equipamentos, etc.
- A família de distribuições Beta, que podem assumir uma ampla gama de formatos de distribuição delimitadas entre 0 e um valor positivo; esta flexibilidade pode ser útil na modelagem de variáveis diversas.

São citadas ainda outras distribuições, estas porém, com utilização restrita na modelagem de situações específicas, tais como a distribuição geométrica, binomial negativa, hipergeométrica, logística, Pareto e valor extremo (EVANS e OLSON, 1998).

VOSE (1996), ainda, descreve outras distribuições de probabilidade que podem, eventualmente, ser utilizadas para descrever as variáveis em um modelo de análise de riscos:

- Cauchy
- Qui-Quadrado
- Normal Inversa
- Log-Logística
- t de Student

## **2.4 Ferramentas de Software de Simulação**

Há diversas ferramentas no mercado que auxiliam e automatizam o processo de simulação. VOSE (1996) lista alguns dos produtos comerciais mais populares:

- **@RISK** da Palisade Corporation, é um dos mais sofisticados pacotes desenvolvidos para planilhas eletrônicas, como o Microsoft Excel. Apesar de sua ampla disponibilidade de funcionalidades, é citado como uma ferramenta de utilização simples e amigável.
- **BestFit** da Palisade Corporation não é um software de simulação mas uma ferramenta “*stand alone*” de apoio ao @RISK, por determinar a distribuição que melhor descreve um conjunto de dados.
- **RISKview e Riskview Pro** também são ferramentas “*stand alone*” de apoio ao @RISK da Palisade Corporation, úteis para manipular e escolher distribuições graficamente.
- **Crystal Ball** da Decisioneering, Inc. não é um pacote tão sofisticado quanto o @RISK. Porém também é versátil, e tem uma interface gráfica amigável. O Crystal Ball incorpora a funcionalidade de “ajustar” a melhor distribuição a um conjunto de dados, além de outras facilidades, tais como um tipo de análise semelhante à análise de sensibilidade. O Crystal Ball foi a ferramenta escolhida para a análise de riscos de um projeto real de uma empresa, descrita mais adiante.
- **Predict!** da Risk Decisions Ltd., ao contrário da maioria das ferramentas destinadas à simulação, o Predict! é um *software “stand alone”*, com sua própria planilha eletrônica embutida. Apesar de não depender do Excel para funcionar, é uma ferramenta menos sofisticada do que o @RISK e o Crystal Ball.

EVANS e OLSON (1998) destacam que, apesar de haverem excelentes pacotes de simulação disponíveis no mercado, muitos deles são direcionados para aplicações de engenharia, tornando complexa sua aprendizagem e utilização para análise de riscos no mundo dos negócios. Neste aspecto, os autores recomendam as ferramentas baseadas em planilhas eletrônicas comerciais – tais como o @Risk e o Crystal Ball –, em função de sua simplicidade e familiaridade de manuseio. EVANS e OLSON (1998) sugerem que ferramentas mais sofisticadas e dedicadas devem ser relegadas à utilização em casos particulares, na simulação de modelos especialmente complexos.

## 2.5 Derivação de Distribuições de Probabilidade a partir de Dados Observados

Mesmo quando há informações históricas, ou a possibilidade de realizar experimentos sobre as variáveis de entrada do modelo, o processo de escolher o tipo e os parâmetros de uma distribuição teórica, que melhor descrevam os dados observados, não é uma tarefa trivial. Em geral, esta atividade requer considerável conhecimento de inferência estatística, além de tempo e persistência do analista, de modo a não se negligenciar a realização dos testes necessários à validação da modelagem (SPANOS, 1999). Tal necessidade de rigor estatístico é uma das maiores limitações ao uso extensivo e confiabilidade da simulação de Monte Carlo, quando comparada a métodos analíticos ou análises mais restritas de riscos em projetos.

EVANS e OLSON (1998) sugerem alguns passos na escolha de distribuições teóricas, na situação em que há dados disponíveis sobre as variáveis:

- Uma primeira análise visual sobre o formato do histograma dos dados – também sugerido por SPANOS (1999), em geral este processo requer considerável experiência e treino do analista.
- Análise dos momentos e outras estatísticas básicas do conjunto de dados, tais como: média, mediana, variância, etc.
- Com base nos passos acima, escolher algumas distribuições possíveis, e aplicar testes estatísticos formais como os de “*Goodness of fit*” (teste  $\chi^2$ , por exemplo), o teste de Kolmogorov-Smirnov, teste de Anderson-Darling, etc. A obra de SPANOS (1999) discute exaustivamente a aplicabilidade dos testes, e o rigor necessário para que o modelo seja válido, em termos de inferência estatística.

Atualmente, porém, as ferramentas de *software* para simulação, disponíveis no mercado, executam boa parte da tarefa de escolha da melhor distribuição para os dados observados, principalmente no que toca aos detalhes estatísticos. No entanto, continua imprescindível a cautela, experiência e bom senso do analista na modelagem, além do fato de EVANS e OLSON (1998) salientarem a necessidade de se ter disponível uma

amostra de dados tão grande quanto possível, de modo a assegurar robustez nos testes estatísticos.

## **2.6 Derivação de Distribuições de Probabilidades a partir de Estimativas**

Uma vez que, fundamentalmente, a análise de riscos de um projeto constitui uma questão sobre incertezas, é redundante dizer que dados descritivos das distribuições de probabilidades das variáveis são, muitas vezes, impossíveis ou muito difíceis de se obter na prática. VOSE (1996) discute as principais fontes de erros, advindas de estimativas subjetivas, e sugere métodos para coletar a opinião de especialistas a respeito das incertezas em um projeto.

A estimativa subjetiva mais importante é, geralmente, a própria estrutura do modelo do problema a ser analisado. E em geral, a estrutura do modelo é aceita sem críticas, quando comparada às estimativas de suas variáveis. Portanto, esta etapa da simulação deve ser particularmente analisada, revisada e discutida, de modo a não invalidar todo o trabalho subsequente.

A estimação das variáveis em si, deve também ser tratada com cautela. É pouco provável que uma única pessoa tenha habilidade e experiência para estimar, precisamente, todas as incertezas de um projeto, daí a importância de contar com o auxílio de especialistas, e outras partes envolvidas no projeto, de forma a obter um modelo tão próximo da realidade quanto possível.

Mesmo assim, a subjetividade envolvida neste processo não está livre de erros e desvios, e dentre os mais comuns temos:

- Disponibilidade: o especialista se vale de sua vivência passada em eventos semelhantes para estimar. No entanto, este processo pode provocar sub ou superdimensionamento, dependendo da importância que os eventos têm na memória do indivíduo, ou seu grau de exposição a informações específicas.
- Representatividade: consiste no erro de se concentrar em apenas uma parte do problema, ignorando a situação como um todo. Por exemplo, na análise de um projeto,

pode-se ignorar custos e receitas marginais que, provavelmente, virão a fazer diferença na lucratividade do empreendimento.

- Ancoragem e ajuste: em geral, o especialista inicia sua estimativa de uma variável incerta com o valor mais provável, para depois ajustar os valores que ele acredita serem o mínimo e o máximo que a variável pode assumir. É comum o excesso de confiança levar o indivíduo a atribuir valores, máximos e mínimos, muito mais próximos do central do que as ocorrências reais, fazendo com que o especialista pareça “ancorado” em sua primeira estimativa. Esta fonte de erro tem impacto crucial na validade de um modelo, na análise de riscos.
- Outras fontes de erros envolvem a inexperiência (principalmente se não assumida), cultura organizacional (otimismo generalizado, por exemplo), interesses pessoais (incluindo reputação), inabilidade de lidar com extremos, indução de respostas, unidades de medida inadequadas, urgência, etc.

Na tentativa de minimizar a ocorrência de tais problemas, VOSE (1996) propõe a condução de sessões de “*brainstorming*”, entre vários especialistas com conhecimento na área do problema a ser modelado, e indica métodos para sistematizar a condução das reuniões ou entrevistas.

## **2.7 Modelagem de Dependências**

A simulação em um modelo de análise de riscos deve produzir cenários que, efetivamente, possam ocorrer na vida real. Neste sentido, VOSE (1996) argumenta que as inter-relações que podem existir entre os componentes de incerteza, constituem uma das principais restrições a serem aplicadas ao modelo, para torná-lo realista. Por exemplo, se um modelo envolver as distribuições de probabilidade da taxa de inflação e dos juros e se a interdependência entre essas variáveis existir, mas não for considerada, na simulação surgirão cenários pouco prováveis de alta inflação e baixos juros nominais e vice-versa.

No entanto, é importante observar que duas variáveis podem ser fortemente correlacionadas, apesar de não haver quaisquer dependências entre elas. Isto pode levar à modelagem de relacionamentos artificiais e incorretos.

Em geral, o efeito da inclusão das correlações em um modelo depende da importância dos componentes correlacionados para o resultado, e dos formatos das distribuições de probabilidade envolvidas (VOSE, 1996).

## **2.8 Questões Estatísticas Relativas à Simulação de Monte Carlo**

EVANS e OLSON (1998) argumentam que pelo menos dois aspectos merecem especial atenção, na simulação de Monte Carlo: a definição do número de iterações de uma simulação, e a interpretação dos seus resultados.

### **2.8.1 Número de Iterações em uma Simulação**

Em geral, quanto maior for a quantidade especificada de iterações em uma simulação, mais precisa será a caracterização da distribuição do resultado do modelo, bem como das estatísticas deste resultado, tais como a média e a variância. O conceito que suporta tal afirmação consiste na distribuição amostral da média. Por exemplo, considere-se que o modelo a ser analisado seja o lucro resultante do fluxo de caixa dos custos e receitas de um projeto, e que sejam especificadas  $n$  iterações para a simulação de Monte Carlo. Ao término de cada simulação, pode-se calcular o lucro médio das  $n$  iterações.

Caso esta simulação seja repetidamente executada por muitas vezes, em cada simulação obteremos um lucro médio que, possivelmente, será distinto dos demais. O conjunto destes “lucros médios”, por sua vez, forma uma distribuição – a distribuição amostral da média.

A variabilidade da distribuição amostral da média pode ser considerada um indicador, de quanto os “lucros médios” das simulações estão próximos do verdadeiro lucro médio do modelo. E uma vez que o desvio padrão da distribuição amostral da média é dado por  $\sigma/\sqrt{n}$ , onde  $\sigma$  é o desvio padrão de cada simulação, pode-se concluir que, à medida que

o número de iterações  $n$  aumenta, diminui o desvio padrão da distribuição amostral da média e, portanto, o lucro médio da simulação estará mais próximo do verdadeiro lucro médio do modelo.

A escolha do número de iterações  $n$  é função do intervalo de confiança desejado para a simulação, que reflete a distância aceitável entre o lucro médio da simulação e o verdadeiro lucro médio do modelo. Se for desejado um intervalo  $\pm A$ , com nível de confiança de  $(1-\alpha)$ , o número mínimo de iterações será  $n = \frac{z_{\alpha/2}^2 \sigma^2}{A^2}$ , onde  $z$  é o valor para  $\alpha/2$  da distribuição Normal padrão  $N(0;1)$ .

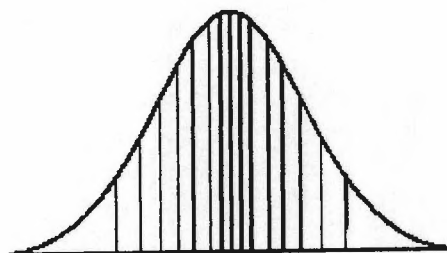
No entanto, o desvio padrão da variável de saída (o lucro médio, neste exemplo), geralmente não é um dado conhecido. Desta forma, a prática mais comum é especificar uma quantidade de iterações  $n$ , executar a simulação, e obter o intervalo de confiança resultante, assumindo que o desvio padrão da amostra é um bom estimador de  $\sigma$  (EVANS e OLSON, 1998). Se o intervalo de confiança for maior que  $\pm A$ , a simulação pode ser repetida com valores maiores de  $n$ , até que se obtenha a precisão desejada. Com a disponibilidade atual de recursos computacionais, tal processo de tentativa e erro não representa problema para a maioria dos modelos de análise de riscos em projetos.

Por outro lado, o número requerido de iterações também é função do método de amostragem utilizado na simulação. Em geral, a simulação de Monte Carlo utiliza o método de amostragem de variável aleatória, em cada uma das distribuições atribuídas ao modelo de análise de riscos (VOSE, 1996). Neste método, o valor da variável é gerado a partir de uma "semente" aleatória, oriunda de uma distribuição Uniforme(0,1). Em outras palavras, este método de amostragem gera valores totalmente independentes, em cada distribuição. Ou seja, os valores amostrados das distribuições em uma iteração não têm nenhum efeito nos valores gerados nas próximas iterações da simulação (WERCKMAN, 2003).

Tal processo de amostragem, geralmente utilizado na simulação de Monte Carlo, satisfaz o objetivo estatístico de obter aleatoriedade sem viés. No entanto, tal aleatoriedade tende a superamostrar e a subamostrar partes da distribuição, fato que pode não convergir para a distribuição de probabilidade da variável em questão, a não ser que um número demasiadamente grande de iterações seja executado.

Deste fato, decorre a recomendação de que, na análise de um projeto utilizando a simulação de Monte Carlo, seja executado o maior número possível de iterações em função do tempo, e dos recursos computacionais disponíveis (VOSE, 1996; WERCKMAN, 2003).

Existe um método alternativo de amostragem, o *Latin Hypercube* (WERCKMAN, 2003). Neste método, a distribuição de probabilidades de cada variável é dividida em segmentos não sobrepostos e equiprováveis, conforme representado na figura abaixo.



**Figura 2 – Método de amostragem *Latin Hypercube***

Fonte: WERCKMAN, 2003

Durante a simulação, é selecionado um valor aleatório de cada segmento, de acordo com a sua distribuição de probabilidades. O conjunto de valores obtidos nas diversas iterações é denominado de amostra *Latin Hypercube*.

Em geral, a amostragem convencional da simulação de Monte Carlo é menos precisa que a amostragem *Latin Hypercube*, uma vez que esta última “força” a amostragem em toda a faixa de cada uma das distribuições das variáveis de entrada. Por conta deste fato, a amostragem *Latin Hypercube*, geralmente, requer um número menor de iterações para que se obtenha o mesmo nível de precisão, quando comparado ao método tradicional.

Por outro lado, o método *Latin Hypercube* requer maior disponibilidade de recursos computacionais, devido à maior complexidade de seu algoritmo. Em função disto, ferramentas como o *Crystal Ball*, têm o método convencional de amostragem como padrão, dispondo da opção de amostragem *Latin Hypercube*, quando a questão prioritária em uma determinada simulação diz respeito à precisão das estatísticas dos resultados (WERCKMAN, 2003).

## 2.8.2 Interpretação dos Resultados

Em relação à análise dos resultados de uma simulação, a exemplo do exposto anteriormente, é possível apresentá-los na forma de intervalos de confiança da variável de interesse (o lucro médio em um modelo de fluxo de caixa, por exemplo). É possível complementar esta informação com várias estatísticas básicas, tais como a mediana, desvio e erro padrão, além de informações mais sofisticadas, como a assimetria (skewness) e “achatamento” (kurtosis) da distribuição, e o coeficiente de variabilidade. Pode-se, também, construir um gráfico de distribuição de frequências dos resultados (eventualmente usando percentuais acima ou abaixo de determinados valores), o que fornece uma idéia consolidada dos riscos do projeto. Tal tratamento dos resultados pode ser obtido de maneira simples, com as ferramentas de *software* disponíveis para simulação (EVANS e OLSON, 1998).

### 3 BREVE HISTÓRICO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

---

De acordo com VOSE (1996) e EVANS e OLSON (1998), o termo “simulação de Monte Carlo” tem sua origem no projeto norte-americano da bomba atômica, conduzido durante a 2ª Guerra Mundial. Este termo era o codinome das simulações computacionais da fissão nuclear. Ou seja, este nome não deriva dos famosos cassinos de Mônaco, como alguns imaginam, apesar da denominação ter sido de fato escolhida por causa da similaridade do experimento com o comportamento dos jogos de azar.

O nome, e o desenvolvimento sistemático dos métodos de Monte Carlo, datam aproximadamente de 1944, porém há registros anteriores a esta data, de técnicas semelhantes. No início do século XX, as escolas de Estatística britânicas dispunham de métodos pouco sofisticados de simulação em seus currículos. O caráter destas técnicas era didático e, salvo poucos episódios, raramente era usado em pesquisa ou experimentos. Em 1908, porém, Student (W.S. Gosset) utilizou experimentos de amostragem para ajudá-lo na descoberta da distribuição do coeficiente de correlação. No mesmo ano, Student usou a amostragem para defender a sua distribuição t-Student, já que sua demonstração teórica não era de todo completa (PLLANA, 2003).

A simulação de Monte Carlo, como conhecida atualmente, tem suas origens no trabalho do matemático polonês Stanislaw Ulam. Ulam emigrou para os EUA nos anos 30 e construiu sua carreira em Harvard, no projeto da bomba atômica de Los Alamos, e na Universidade de Southern California. Em parceria com o famoso matemático John von Neumann, Ulam desenvolveu um método para simular processos matematicamente, com várias repetições (iterações), alterando aleatoriamente as variáveis do modelo em cada repetição, para observar a faixa de resultados possíveis (GEER, 1999).

Na pesquisa aplicada ao projeto da bomba atômica na 2ª Guerra Mundial, Ulam e von Neumann utilizaram a simulação para analisar problemas probabilísticos, inerentes à fissão nuclear. No entanto, o desenvolvimento sistemático de suas idéias só veio a se consolidar no trabalho de Harris e Herman Kahn em 1948 (PLLANA, 2003).

Ulam faleceu em 1984, e dedicou toda sua vida à compreensão de fenômenos físicos, tais como a fissão nuclear, utilizando a simulação de Monte Carlo (GEER, 1999). Na década

de 70, o avanço das ciências exatas trouxe novas categorias de problemas cujo tratamento analítico era impraticável, tornando a simulação de Monte Carlo uma das poucas abordagens razoáveis para tais tipos de problemas, encontrando ampla utilização na década de 80 (PLLANA, 2003). Nesta época também emergiu o uso da simulação de Monte Carlo em problemas financeiros (GEER, 1999), bem como o surgimento de ferramentas de *software*, baseadas em planilhas eletrônicas, como é o caso do Crystal Ball da Decisioneering, Inc.

A título de exemplo do uso intensivo da simulação de Monte Carlo em aplicações financeiras, HOLZINGER (2003) descreve a sua aplicação como ferramenta de *forecasting*, na indústria farmacêutica, nos últimos anos. O autor descreve a simulação como uma poderosa novidade para complementar o *portfolio* de ferramentas que, neste setor, são freqüentemente usadas de forma isolada, incluindo a análise de cenários, sensibilidade, *conjoint analysis* (foco em atributos detalhados de produtos farmacêuticos), estimativas simples e outras. A simulação de Monte Carlo tem sido recentemente utilizada na indústria farmacêutica, tanto para analisar a resposta de pacientes e populações a determinadas drogas, quanto para prever a demanda por determinados produtos e o VPL, TIR e EVA de projetos de pesquisa e desenvolvimento.

## 4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

---

### 4.1 *Vantagens em Relação a Outras Técnicas*

Intuitivamente, o benefício óbvio da simulação consiste em avaliar o impacto de decisões antes que elas sejam tomadas (EVANS e OLSON, 1998).

Várias são as ferramentas e técnicas disponíveis para apoio à decisão nos negócios. Exemplos podem incluir programação linear, ferramentas de análise de decisão (tais como árvores de decisão, etc.), teoria das filas, “*forecasting*”, etc. (EVANS e OLSON, 1998), bem como os métodos descritos anteriormente na seção “Métodos Quantitativos de Análise de Riscos em Projetos”. No entanto, uma limitação dessas técnicas está no fato de que, para serem utilizáveis, freqüentemente exigem altos graus de simplificação ou de restrições na modelagem do problema. Embora matematicamente elegantes, tais ferramentas podem ser adequadas para atividades de planejamento, mas nem sempre podem ser usadas eficazmente como ferramentas de análise. Desta forma, a simulação pode ser a alternativa viável nas situações em que o problema não atende às hipóteses necessárias a soluções analíticas.

Ainda, freqüentemente, os resultados de uma simulação são mais simples de serem compreendidos do que em abordagens analíticas, fato que contribui para aumentar a confiança, ou reduzir o esforço de convencimento, no processo de tomada de decisão.

De modo a ilustrar tal contraste entre a simulação e métodos analíticos, VOSE (1996) compara o método da simulação de Monte Carlo com duas técnicas: o método dos momentos e soluções algébricas exatas.

Em geral, o método dos momentos é impraticável matematicamente, à exceção de casos simples, tais como os que envolvem apenas distribuições Normais, por exemplo. O método dos momentos substitui cada uma das variáveis sujeitas a incertezas, pela sua média e variância – além de momentos de ordens superiores, em alguns casos – e procura estimar a média e a variância do resultado do modelo analiticamente, utilizando-se de propriedades das distribuições do modelo.

Já a solução algébrica, consiste em determinar e manipular as funções matemáticas que descrevem o modelo, e as distribuições de probabilidade de suas variáveis. No entanto, assim como o método dos momentos, o tratamento analítico rapidamente se torna impraticável, à medida que as distribuições de probabilidade se distanciam das funções matemáticas mais triviais – de fato, conforme visto anteriormente no histórico da simulação de Monte Carlo, o desenvolvimento de modelos cada vez mais complexos, a partir da década de 70, foi um dos fatores que impulsionou a popularização da simulação em relação a soluções analíticas.

De acordo com VOSE (1996), as vantagens da simulação de Monte Carlo em relação ao método dos momentos e a solução algébrica são as seguintes:

- As distribuições das variáveis do modelo não precisam ser aproximadas para distribuições “clássicas”, ou de tratamento matemático mais simples.
- Correlações entre as variáveis e outras interdependências podem ser modeladas. BREALEY e MYERS (2000) também apontam que, a possibilidade de se especificar as interdependências explicitamente, constitui uma propriedade importante da simulação de Monte Carlo.
- O nível de conhecimento matemático necessário para **executar** uma simulação de Monte Carlo não é, de modo algum, avançado (apesar de que, mais adiante, será possível observar que a **modelagem** não constitui tarefa trivial, principalmente em relação às distribuições das variáveis que representam os riscos do projeto).
- Todo o processamento, necessário à determinação da distribuição do resultado do modelo, pode ser feito através de um computador, e atualmente existem ferramentas de *software* disponíveis comercialmente para tal automação de tarefas.
- Em uma simulação, níveis superiores de precisão podem ser obtidos, simplesmente aumentando o número de iterações a serem calculadas, e executando novamente a simulação.
- Modelos envolvendo fórmulas matemáticas complexas, tais como potências, funções logarítmicas e instruções tipo “if”, podem ser simulados sem grande dificuldade.

- A simulação de Monte Carlo é amplamente reconhecida como um método válido. Portanto, os resultados de uma simulação são geralmente considerados com credibilidade.
- A simulação através do computador permite que o comportamento de um modelo possa ser investigado facilmente, uma vez que o modelo pode ser alterado e a simulação repetida de forma simples e com rapidez. BREALEY e MYERS (2000) apontam que a simulação de Monte Carlo pode ser utilizada, sem dificuldade, para explorar e discutir possíveis modificações em um projeto.<sup>6</sup>

Também é possível analisar cenários **sem** a utilização da simulação de Monte Carlo. Em geral, se valendo da opinião de indivíduos com *expertise* nas fontes de incerteza mais importantes do projeto, alguns conjuntos de valores das variáveis são combinados e os resultados do modelo são gerados. Ou seja, de forma simplificada, a análise de cenários pode ser comparada a um conjunto limitado de iterações de uma simulação de Monte Carlo, executada sobre o mesmo modelo. A limitação desta abordagem, no entanto, está no fato de que na análise de cenários, implicitamente, em geral se atribui a mesma probabilidade de ocorrência a todos os cenários, inclusive aqueles que envolvem os valores mais extremos de receitas e custos (que usualmente são denominados como “cenário otimista” e “cenário pessimista”). Isto tende a tornar os resultados de tal técnica menos realistas, em comparação àqueles obtidos por uma simulação de Monte Carlo que, automaticamente, leva em conta os pesos de cada um dos inúmeros cenários analisados, através das distribuições de probabilidade dos riscos modelados.

#### **4.2 Limitações da Simulação de Monte Carlo**

Por outro lado, EVANS e OLSON (1998) também apontam as desvantagens da simulação. Em geral um grande esforço é necessário para:

---

<sup>6</sup> De fato, algumas ferramentas de *software* destinadas à simulação de Monte Carlo, têm disponíveis módulos específicos para análise de opções reais, por exemplo.

- Obter as variáveis de entrada (os componentes de um fluxo de caixa, no caso da análise de investimentos). A tarefa de estimar o formato e os parâmetros característicos da distribuição de probabilidade de um custo ou receita sujeito à incerteza, pode ser não apenas complexo, mas também subjetivo, podendo levar a atos de negligência, com a escolha de distribuições inadequadas e irreais.
- Desenvolver um modelo razoavelmente fiel à realidade, implementá-lo no computador e interpretar os resultados da simulação.

A mão de obra necessária para estas atividades necessita ser relativamente qualificada e experiente. Além disso muitas decisões, que precisam ser tomadas rapidamente, não podem esperar as horas ou dias, que seriam gastos no desenho, execução e interpretação de uma simulação.

BREALEY e MYERS (2000) complementam esta crítica, lembrando que a complexidade da modelagem do problema, bem como da previsão das distribuições de probabilidade, muitas vezes levam a um processo caro e demorado. Em virtude disso, o executivo geralmente é obrigado a delegar tal tarefa a terceiros. Deste modo, a subjetividade de métodos menos sofisticados que o tomador de decisão dispunha anteriormente, talvez esteja sendo apenas substituída por um modelo elegante, mas possivelmente mais subjetivo que a própria experiência e raciocínio intuitivo do executivo.

Outra limitação da simulação, segundo EVANS e OLSON (1998), é a ausência de resultados precisos, pontuais. Ou seja, o resultado de uma simulação geralmente não é um valor, mas sim uma distribuição probabilística de inúmeros valores possíveis. Abordagens analíticas, em contraste, geralmente têm o objetivo de levar a resultados únicos, determinísticos. Os autores não argumentam que a limitação esteja na natureza probabilística dos modelos de simulação, uma vez que isto não deixa de ser consequência da própria presença de incertezas, no problema modelado. O que eles sugerem é que a apresentação dos resultados, em termos de distribuições e não de valores únicos, tende a decepcionar o tomador de decisão, se comparado com o resultado de uma solução analítica, quando possível.

Além das limitações acima, BREALEY e MYERS (2000) apontam uma forma de utilização errônea da simulação de Monte Carlo, como sendo bastante freqüente, na análise de riscos em projetos. Consiste em obter distribuições de VPL's calculados a partir de uma taxa de desconto livre de risco. O argumento para esta abordagem está em considerar que os riscos já foram refletidos nas distribuições de probabilidades dos fluxos de caixa do modelo, portanto não precisam estar refletidos no custo de oportunidade do capital. No entanto, esta prática é equivocada, porque o Valor Presente Líquido calculado simplesmente à taxa livre de risco não tem significado real, não representa o valor de mercado do projeto. Ou seja, a distribuição de VPL's não traz informação sobre o preço real do projeto e seus ativos. Além disso, se dois projetos independentes forem simulados em conjunto, o risco do VPL combinado será menor que o risco médio dos VPL's dos dois projetos, se analisados em separado. Tal fenômeno viola o princípio da aditividade (de que o valor presente do todo deve equivaler à soma dos valores presentes das partes), o que pode estimular analistas ou executivos oportunistas a simularem projetos em conjunto, de modo a obter previsões mais otimistas para os mesmos.

Neste sentido, uma abordagem conceitualmente correta seria analisar a distribuição das Taxas Internas de Retorno, que realmente proporciona uma noção da variabilidade dos retornos do projeto.

## 5 CASO REAL

---

GRAHAM e HARVEY (2002) realizaram uma pesquisa, sobre a utilização prática de conceitos de finanças corporativas em 392 empresas (norte-americanas, na maioria). A pesquisa teve como alvo, CFO's ligados ao Financial Executives Institute e à Duke University, onde se procura mostrar a frequência em que são utilizados determinados critérios de decisão de financiamento (por exemplo a Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido, *hurdle rate*, *payback*, etc.).

A maioria dos respondentes (73,5%) declarou usar o CAPM para estimativa do custo de capital. Porém, cerca de 60% utilizam uma única taxa de desconto para a empresa inteira, apesar de reconhecerem que seus projetos tendem a ter diferentes perfis de risco. 51% das empresas declaram utilizar taxas "*risk-matched*". Porém, não há menção sobre os critérios de determinação destas taxas (se são estimados betas para cada projeto, por exemplo).

Em relação à utilização de análise de sensibilidade e ferramentas de simulação, os resultados obtidos foram os seguintes:

- Empresas altamente alavancadas, bem como de *utilities* (óleo e gás, energia, etc.) freqüentemente utilizam sensibilidade e simulação;
- Mais de 50% do total utilizam análise de sensibilidade, sempre, ou na maioria das decisões;
- 14% do total das empresas entrevistadas fazem uso de simulação.

Assim, pelo menos na indústria norte-americana, se demonstra expressivo interesse pela utilização de simulação nas empresas, como auxílio nas decisões de *capital budgeting*. Esta informação, aliada ao fato de que várias empresas de *software* sobrevivem exclusivamente do desenvolvimento e comercialização de ferramentas de simulação, indica que técnicas de análise, como a simulação de Monte Carlo, não são apenas objeto

de pesquisa acadêmica, mas podem efetivamente ser utilizadas como instrumentos de suporte às decisões tomadas no cotidiano das empresas.

### **5.1 A Análise de Riscos nos Projetos de uma Empresa**

A seguir, é apresentado o processo atual de avaliação de riscos em projetos, de uma filial brasileira de uma empresa multinacional, responsável pelo fornecimento de soluções e equipamentos para o mercado de telecomunicações do Brasil.

Em seguida, será analisada a aplicabilidade da simulação de Monte Carlo no processo de avaliação de riscos em projetos, desta empresa, em termos de resultados e vantagens que poderiam ser obtidas com a simulação, em comparação ao processo atual.

Por razões de confidencialidade, os nomes da empresa e do projeto analisado foram omitidos. Os valores relativos às vendas, custos e despesas do projeto também foram ligeiramente alterados, mas foram mantidas as proporções entre todos os valores.

### **5.2 Perfil da Empresa**

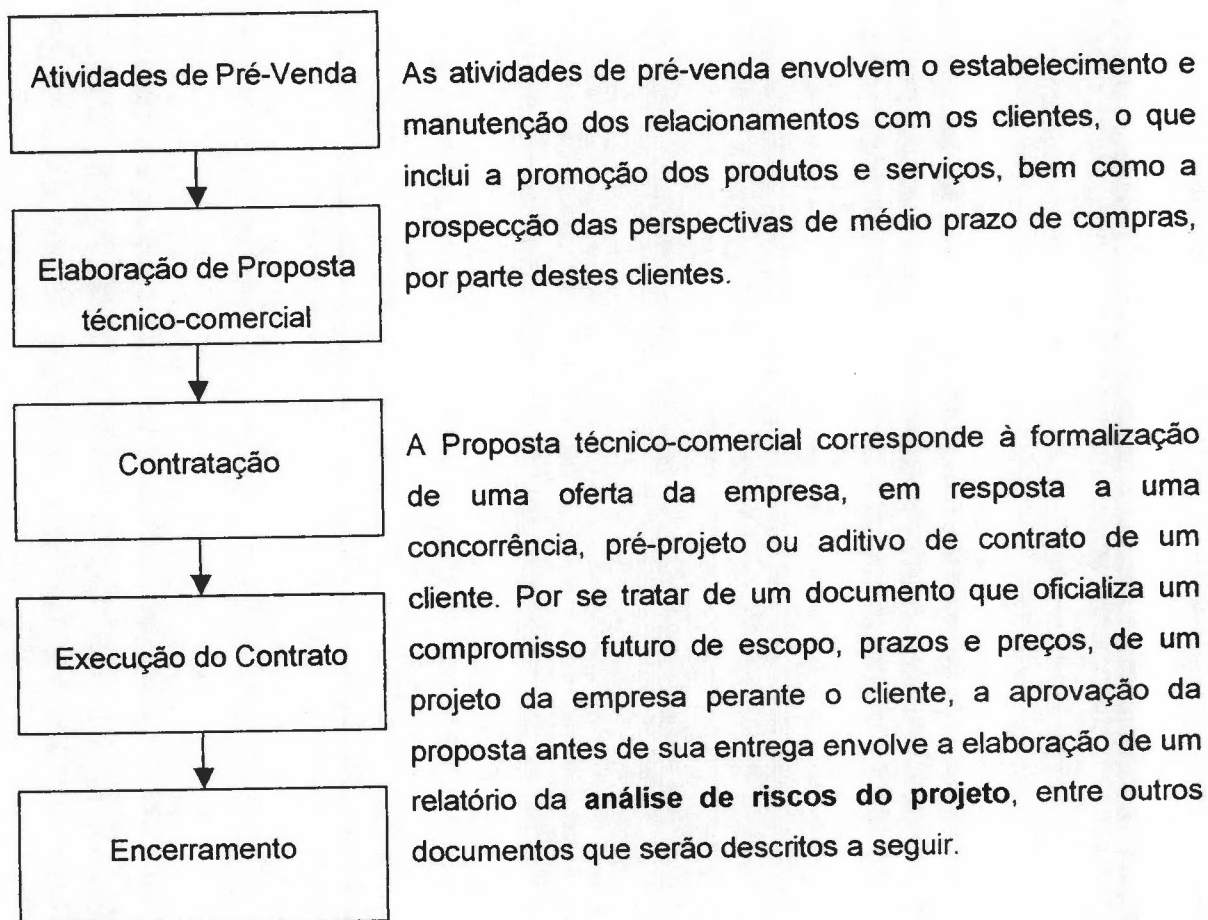
A empresa em questão situa-se entre as líderes mundiais, no setor de infra-estrutura de telecomunicações, além de atuar em outros mercados, tais como: computadores, semicondutores e produtos eletrônicos pessoais (telefones celulares, eletrodomésticos, etc.).

No Brasil, a empresa é uma Sociedade Anônima de porte médio, com atuação restrita no setor de infra-estrutura de telecomunicações, atendendo a operadoras de telefonia fixa e móvel, grandes empresas e governo. Mais de 99% das ações são detidas pela matriz da empresa, no exterior.

Seu faturamento chegou a ultrapassar 1 bilhão de dólares no final da década de 90, em virtude da liberalização do setor de telecomunicações brasileiro. No entanto, o volume de vendas regrediu para algumas centenas de milhões de dólares nos últimos anos, em função da crise que afligiu o setor, no Brasil e no mundo.

### 5.3 O Processo Atual de Análise de Riscos nos Projetos da Empresa

De forma genérica, a cadeia de execução de projetos da empresa pode ser representada da seguinte maneira:



**Figura 3** – Cadeia simplificada de execução de contratos na empresa

Caso a empresa seja a escolhida dentre os concorrentes pelo cliente, na etapa de Contratação ocorre a negociação dos termos expostos na proposta técnico-comercial. Caso os termos sejam modificados de comum acordo, entre a empresa e o cliente, pode

ser necessária uma revisão e nova aprovação da proposta, incluindo a análise de riscos do projeto.

Uma vez contratado, o projeto é planejado e executado, de acordo com as cláusulas contratuais e procedimentos internos para execução física e financeira, até o seu encerramento.

Uma vez que a empresa tem certificação ISO9000 no Brasil, todos os seus principais processos são documentados e atualizados regularmente. Isto inclui o processo de elaboração de propostas, que engloba a análise de riscos dos projetos.

A finalidade do procedimento de elaboração de propostas consiste em definir a rotina de planejamento e elaboração das propostas, técnicas e comerciais, bem como de documentos de habilitação. O procedimento regulamenta as atividades, que vão desde a identificação dos documentos necessários, até a elaboração e aprovação da proposta.

A Proposta Técnica é conceituada como a parte que contém o projeto técnico, que consiste nas características técnicas do sistema ou equipamentos ofertados, tais como: as características funcionais, dimensionamento dos equipamentos e sistemas, "lay-outs", consumos, descritivos e respostas às especificações técnicas dos clientes, etc.

Já a Proposta Comercial, consiste na parte da proposta que contém suas condições comerciais, que englobam os preços, prazos, formas de pagamento, condições gerais de fornecimento, reajuste de preços, validade da proposta, penalidades, garantias, impostos, condições de transporte e seguro, descontos aplicáveis e alternativas de financiamento.

Os documentos de habilitação são aqueles exigidos em um processo de licitação, destinados a habilitar as empresas proponentes para o fornecimento do objeto licitado, tais como: declaração ou certificado de capacidade técnica, idoneidade, acervo técnico, certidões, balanço e estatuto da empresa, entre outros.

Uma proposta de financiamento pode, ou não, ser incluída na proposta comercial, que contém condições de financiamento tais como: valor, moeda, agente, credor, juros,

garantias, prazos e encargos tributários decorrentes do financiamento. A proposta de financiamento deve ser elaborada pela Área de Negócios responsável pela proposta, em parceria com a área de Finanças da empresa. Uma vez que os projetos de infra-estrutura de telecomunicações envolvem, muitas vezes, o fornecimento de bens de capital, uma proposta de financiamento que seja atrativa para o cliente constitui um importante fator de diferenciação da empresa, frente à concorrência.

Em relação ao dimensionamento, que consiste na quantificação de equipamentos, materiais, serviços e facilidades, ele pode ser realizado tanto a partir de especificações dos clientes, quanto de configurações sugeridas pela empresa proponente. Esta última situação pode representar uma fonte adicional de incerteza, uma vez que a empresa será responsável, também, pelo desenho da solução ofertada.

As propostas podem não envolver unicamente a empresa em questão. Em função da natureza e escopo do projeto, a empresa pode subcontratar produtos ou serviços de terceiros, pode participar de consórcios com outras companhias (inclusive concorrentes, se for o caso) ou mesmo atuar como subcontratada de outro proponente principal.

Nos procedimentos para a elaboração de propostas, a avaliação dos riscos do projeto é conceituada como: “a análise e parecer, com base nas especificações e requisitos dos clientes, de possíveis riscos que possam ocorrer nas condições estabelecidas para a elaboração da proposta e/ou contrato elaborado pela empresa. Estes riscos podem ser, dentre outros, de natureza comercial, tecnológica, de implantação, de cronograma, financeira, econômica e de capacidade de atendimento”.

#### 5.3.1 *Checklist* da Proposta

Antes de ser submetida ao cliente, toda Proposta deve ser analisada criticamente pela Área de Negócio responsável pela sua elaboração, e registrar esta análise através do formulário “*Checklist* da Proposta”, mostrado abaixo:

# CHECKLIST DA PROPOSTA

NOME DO CLIENTE				DOCUMENTO SOLICITANTE		DATA DA ANÁLISE	
NOME DO PROJETO				Nº DE IDENTIFICAÇÃO			
ITEM	DESCRIÇÃO	ITEM ANALISADO	NÃO SE APLICA	ITEM	DESCRIÇÃO	ITEM ANALISADO	NÃO SE APLICA
01	OBJETO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	HABILITAÇÕES / DECLARAÇÕES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	PREÇOS (PLANILHAS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13	TREINAMENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	BASE DE PREÇOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	ASSISTÊNCIA TÉCNICA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	IMPOSTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15	EMBALAGEM / TRANSPORTE / SEGURO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	CONDIÇÕES DE PAGAMENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	VALIDADE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	REAJUSTE DE PREÇOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17	DISPOSIÇÕES GERAIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	PRAZOS E CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18	ANEXOS DA PROPOSTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	FINANCIAMENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	19	SIMULAÇÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09	PENALIDADES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	PONTUAÇÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	GARANTIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	RESPOSTA AOS ITENS SOLICITADOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

COMENTÁRIOS (SE NECESSÁRIOS USAR O VERSO)

PONTOS CRÍTICOS COMERCIAIS

PONTOS CRÍTICOS TÉCNICOS

APROVAÇÕES (NOME/ VISTO/ DATA)

GERENTE DA ÁREA RESPONSÁVEL OU COORDENADOR DO PROJETO	EMITENTE ÁREA
---	---------------

Figura 4 – Formulário de Checklist da Proposta

Fonte: empresa em estudo

O *checklist* tem o propósito de padronizar uma revisão básica, do conteúdo mínimo da proposta. Desta forma, pode ser considerado como uma das primeiras iniciativas de mitigação dos riscos em um projeto, pois se um item importante, ou obrigatório, deixar de ser elaborado (as condições de reajuste de preços, por exemplo), toda a lucratividade do projeto poderá estar comprometida.

Para toda Proposta a ser emitida pela empresa, devem ser também elaborados os seguintes documentos:

- Demonstrativo de Resultado do Projeto
- Fluxo de Caixa do Projeto
- Formulário de Aprovação de Proposta

### 5.3.2 Demonstrativo de Resultado do Projeto

O demonstrativo do projeto, cujo modelo é mostrado na figura a seguir, mostra o resultado econômico do empreendimento nas condições descritas pela proposta, incluindo indicadores como lucro bruto e operacional, margem de contribuição e EBITDA (*Earnings Before Interests, Tax, Depreciation and Amortization*). Consiste em um indicativo da viabilidade econômica do projeto.

O Demonstrativo de Resultado do Projeto é utilizado pela empresa em “regime de competência”, ou seja, as receitas e despesas são lançadas com base nos eventos que as geram (faturas, ordens de compra, etc.), como é de costume na contabilidade financeira. Isto é, o demonstrativo abaixo, geralmente, não reflete a movimentação efetiva de caixa atribuível ao projeto.

Abaixo, são listadas as definições adotadas pela empresa para os termos e indicadores utilizados no demonstrativo:

- A “Venda Bruta” consiste no valor básico da oferta, incluindo os acréscimos provenientes de variação cambial e reajustes, se aplicáveis, entre a data de eventuais orçamentos anteriores e a data da elaboração da proposta.
- A “Venda Líquida” consiste nas vendas brutas, líquidas dos impostos incidentes.
- Os “Custos Variáveis” consistem nos custos de aquisição de materiais, incluindo despesas alfandegárias e de serviços.
- Os “Custos Fixos” consistem nas Despesas Gerais de Fabricação (DGFs), considerando a absorção de mão-de-obra própria e de terceiros, conforme regras da empresa para o orçamento, excetuando a depreciação. Recentemente, a planta de fabricação de equipamentos foi terceirizada pela empresa, portanto esta fonte de custos é, na maioria dos casos, inexistente.
- O campo de “Depreciação e Amortização” consiste nos investimentos alocados ao custo fixo, e identificados através dos centros de custos. Encontra-se destacado no demonstrativo para fins de cálculo do EBTIDA.
- O “Custo da Venda” constitui a soma dos custos variáveis, custo fixo e a depreciação alocada ao custo.

## DEMONSTRATIVO DE RESULTADO DO PROJETO

(Valores em milhares de reais, pela Legislação Societária)

<b>PROJETO:</b>	
Documento de Referência (Proposta, Contrato, Ordem de Fornecimento):	
Cliente:	Área de Negócio:

	PRODUTO	SERVIÇO	TOTAL	%
Data Base:    /    /      Câmbio:				
<b>VENDA BRUTA (A)</b>				
IPI				
ICMS				
ISS				
PIS / COFINS				
<b>VENDA LÍQUIDA (B) = (A) - Impostos</b>				
Custos Variáveis - (C)				
Custo Fixo - (D)				
Depreciação / Amortização (E)				
<b>Custo da Venda (F) = (C) + (D) + (E)</b>				
<b>Custo Específico do Projeto (G)</b>				
<b>LUCRO BRUTO (H) = (B) - (F) - (G)</b>				
Despesas Diretas de Vendas - (I)				
Royalties - (J)				
<b>Despesas com Vendas (K) = (I) + (J)</b>				
Desp. Administrativa Própria (L)				
Desp. Fixa Corporativa (M)				
Depreciação / Amortização (N)				
Outros (O)				
<b>Total das Despesas (P) = (K) + (L) + (M) + (N) + (O)</b>				
<b>RESULTADO OPERACIONAL (Q) = (H) - (P)</b>				
<b>JUROS DO FLUXO DE CAIXA (R)</b>				
<b>RESULTADO DO PROJETO (S) = (Q) - (R)</b>				

<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO (B) - (C) - (G) - (K)</b>				
<b>EBTIDA (Q) + (E) + (N)</b>				

**Figura 5** – Formulário de Demonstração de Resultados estimados do projeto

Fonte: empresa em estudo

- O “Custo Específico do Projeto” consiste nos custos alocados exclusivamente no projeto, a incorrer pela Área de Negócios responsável. Por exemplo, pode incluir custos de viagens, programas de treinamento, aluguéis de imóveis e veículos, seguros, etc. que, sem o projeto, não existiriam.
- O “Lucro Bruto” é o resultado proveniente da operação de venda subtraída dos custos variáveis, fixos e específicos do projeto.
- A “Despesa Direta de Vendas” consiste nas despesas ligadas diretamente às vendas exclusivas do projeto, tais como: embalagem, frete, seguro de transporte, comissões, entre outras, bem como as decorrentes de operações de exportação.
- Os “Royalties” são incluídos conforme contratos de transferência de tecnologia, quando existirem.
- As “Despesas com Vendas” consistem nas despesas vinculadas diretamente às vendas, utilizadas no cálculo da Margem de Contribuição.
- A “Despesa Administrativa Própria” consiste nas despesas próprias da Área de Negócio, a serem absorvidas pelo projeto, incluindo as despesas das Áreas de Planejamento, Centro de Treinamento e Suprimentos, excetuando a depreciação e a amortização do diferido. O valor a ser alocado ao projeto é calculado como:

$$\frac{\text{Despesas Administrativas Próprias Orçadas no Semestre}}{\text{Vendas Líquidas Orçadas no Semestre}} \times \text{Venda Líquida do Projeto} \times 100\%$$

- A “Despesa Fixa Corporativa” consiste na contribuição para o projeto, da parcela pertinente ao rateio das despesas comerciais, gerais e administrativas alocadas à Área de Negócio responsável pelo projeto, excetuando a depreciação e a amortização do diferido. O valor a ser alocado ao projeto deve ser calculado como:

$$\frac{\text{Despesas Fixas Corporativas Orçadas no Semestre}}{\text{Vendas Líquidas Orçadas no Semestre}} \times \text{Venda Líquida do Projeto} \times 100\%$$

- A “Depreciação / Amortização (Despesas)” consiste nas despesas de depreciação e amortização alocadas nas despesas administrativas próprias, identificadas pelo centro de custo, e na despesa fixa corporativa. São alocadas ao projeto como:

$$\frac{\text{Despesas com Depreciação e Amortização Orçadas no Semestre}}{\text{Vendas Líquidas Orçadas no Semestre}} \times \text{Venda Líquida do Projeto} \times 100\%$$

Encontra-se destacada no Demonstrativo de Resultado, para fins de cálculo do EBTIDA.

- O campo “Outros” consiste em despesas não relacionadas anteriormente, tais como despesas com Pesquisa e Desenvolvimento, alocadas ao projeto com base no percentual obtido na relação entre essas Despesas orçadas para o semestre e as Vendas Líquidas orçadas nesse mesmo semestre, multiplicado pela Venda Líquida prevista para o projeto.
- O “Total das Despesas” consiste na soma das despesas com vendas e as demais despesas próprias e corporativas, para cálculo do Resultado Operacional – que representa o lucro operacional líquido do projeto, antes dos custos financeiros.
- Os “Juros do Fluxo de Caixa” representam o custo financeiro do projeto, calculado com base no seu formulário de Fluxo de Caixa (descrito mais adiante). Representa o valor líquido mensal de juros de captação e aplicação de capital ao longo do projeto, de operações de “*hedge*” para proteção contra variação cambial dos insumos importados, além de juros sobre importações.
- O “Resultado Líquido do Projeto” considera todos os custos e despesas, alocados ao projeto. Este resultado contribuirá para cobrir o custo financeiro da dívida corporativa, além da remuneração do acionista.
- A “Margem de Contribuição” é a margem obtida, considerando somente os custos e despesas variáveis do projeto. Por definição, indica o quanto o projeto estará contribuindo para cobrir os custos e as despesas (fixos e financeiros) que continuarão a existir, mesmo que o projeto não seja contratado, dentro de um determinado patamar de atividade.
- O “EBTIDA” (*Earnings Before Interests, Tax, Depreciation and Amortization*) representa a geração de resultado do projeto sem o reflexo provocado pela estrutura de capital da empresa; ou seja, ao isolar os efeitos da depreciação, da amortização do diferido, do imposto de renda e do custo financeiro, está sendo medida a capacidade de geração de lucro do projeto, sem a interferência de decisões tomadas no passado.

### 5.3.3 Fluxo de Caixa do Projeto

Uma vez que o Demonstrativo de Resultados do Projeto é elaborado em “regime de competência”, ou seja, baseado nos eventos geradores das receitas e despesas, faz-se necessária a elaboração de um demonstrativo que reflita a movimentação efetiva de caixa no projeto.

O fluxo de caixa do projeto (cujo modelo adotado pela empresa é representado abaixo) tem, portanto, o propósito de avaliar a viabilidade financeira do negócio, em termos de necessidade de alocação de recursos, e o retorno esperado em termos de caixa livre.

## FLUXO DE CAIXA DO PROJETO

(Valores em milhares de reais, pela Legislação Societária)

PROJETO:

Documento de Referência (Proposta, Contrato, Ordem de Fornecimento):

Cliente: Área de Negócios:

Data base: 05 / 03 / 2002 Câmbio: 2,33		T0	T1	T2	Tn	TOTAL
<b>SALDO INICIAL (A) = (Q) período anterior</b>		-	-	-	-	-
<b>RECEBIMENTOS (B)</b>		-	-	-	-	-
Material Importado (C)						-
Desp. Alfandegária (D)						-
Material Nacional (E)						-
Serviços (F)						-
Impostos (G)						-
Despesas Diretas de Vendas (H)						-
Royalties (I)						-
Despesas Específicas do Projeto (J)				-	-	-
Despesas Próprias e Corporativas (K)				-	-	-
Investimentos (L)						-
<b>PAGAMENTOS (M) = (C)+...+(L)</b>		-	-	-	-	-
<b>GERAÇÃO OPERACIONAL (N) = (B) - (M)</b>		-	-	-	-	-
<b>SALDO OPERACIONAL (O) = (A) +- (N)</b>		-	-	-	-	-
Receita de Aplicação (sobre o saldo positivo do período anterior)	%					-
Despesa de Captação (sobre o saldo negativo do período anterior)	%					-
Custo do Hedge	%					-
Juros s/ Importação	%					-
<b>JUROS SOBRE O FLUXO DE CAIXA (P)</b>		-	-	-	-	-
<b>SALDO FINAL (Q) = (O) +- (P)</b>		-	-	-	-	-

**Figura 6** – Formulário de Fluxo de Caixa estimado para o projeto

Fonte: empresa em estudo

Abaixo, são listadas as definições adotadas pela empresa, para os termos e indicadores utilizados no demonstrativo de Fluxo de Caixa:

- O “Saldo Inicial” de um período corresponde ao “Saldo Final” do período anterior, considerando sempre saldo zero no momento inicial do Fluxo.
- O “Recebimento” consiste na entrada de caixa proveniente das condições de recebimento previstas no Projeto.
- O “Material Importado” consiste no custo de aquisição dos materiais importados (valor a ser pago ao fornecedor no exterior).
- A “Despesa Alfandegária” corresponde ao conjunto de despesas a serem incorridas para o desembaraço dos materiais importados, incluindo impostos.
- “Material Nacional” e “Serviços” consistem no custo de aquisição dos materiais nacionais e o custo de contratação de serviços, respectivamente, para o projeto.
- Os “Impostos” devem ser apurados de acordo com a sua natureza:
  - ICMS – líquido do imposto creditado na entrada;
  - IPI – líquido do imposto creditado na entrada (apenas para itens de produção própria ou revenda de importados; na revenda de material nacional o IPI não é creditado, sendo contabilizado como custo do produto);
  - ISS e PIS / COFINS – apurado de acordo com a base de cálculo.
- A “Despesa Direta de Vendas” consiste nas despesas ligadas diretamente às vendas, exclusivas do projeto, tais como embalagem, frete, seguro transporte, comissões, entre outras, bem como as decorrentes de operações de exportação.
- Os “Royalties” são incluídos conforme contratos de transferência de tecnologia, quando existirem.
- A “Despesa Específica do Projeto” consiste nas demais despesas a serem alocadas exclusivamente no projeto, incorridas pela Área de Negócio responsável. Por exemplo, pode incluir viagens, programas de treinamento, aluguéis de imóveis e veículos, seguros, etc. que, sem o projeto, não existiriam.

- A “Despesa Administrativa Própria e Fixa Corporativa” consiste nas despesas administrativas da Área de Negócio responsável pelo projeto e as despesas comerciais, gerais e administrativas provenientes de rateio, conforme orçamento da empresa, excetuando a depreciação e a amortização, considerando como sendo incorridas no mês.
- Os “Investimentos” consistem nas aquisições de ativos fixos necessários e vinculados estritamente ao Projeto. Exemplos incluem móveis para o escritório da obra, instrumentos de medição específicos, protótipos, etc.
- Os “Pagamentos” são os desembolsos de caixa, a serem efetuados ao longo do projeto para pagamento das obrigações.
- A “Geração Operacional” é o caixa líquido gerado em cada período, isoladamente.
- O “Saldo Operacional” é o caixa gerado no período, isoladamente, acrescido do saldo de caixa do período anterior.
- Os “Juros Sobre o Fluxo de Caixa” são apurados da seguinte forma:
  - “Receita de Aplicação” – a remuneração deve ser calculada sobre o saldo inicial positivo de caixa, utilizando a taxa média de aplicação fornecida pela Área de Tesouraria da empresa.
  - “Despesa de Captação” – os encargos devem ser calculados sobre o saldo inicial negativo de caixa, utilizando a taxa média de captação fornecida pela Área de Tesouraria.
  - “Custo do Hedge” – deve ser calculado sobre os valores expostos à variação cambial, utilizando as taxas médias fornecidas pela Área de Tesouraria. Deve ser alocado no mês de fechamento da operação de “hedge”.
  - Juros sobre Importação – a serem calculados nos casos de financiamento das importações, e alocados conforme plano de pagamento contratado com o financiador.
  - O Total dos Juros apurados deve ser transportado para o Demonstrativo de Resultado do Projeto (relatório descrito anteriormente).

**É importante notar que, no relatório de Fluxo de Caixa do Projeto, são lançados os valores nominais dos custos e receitas a serem incorridos, ou seja, não é considerado o valor do caixa no tempo. Isto é, de acordo com a definição da empresa descrita acima, o fluxo de caixa não permite visualizar o Valor Presente Líquido ou os impactos dos momentos em que os custos e receitas são incorridos.**

**Além disso, o campo “Despesa Administrativa Própria e Fixa Corporativa” reflete o rateio dos custos fixos da empresa no projeto, isto é, o fluxo de caixa não é estimado em uma base incremental, pois considera custos que existiriam mesmo sem a presença do projeto em questão. O projeto real, descrito nas seções seguintes, ilustra as consequências deste tipo de definição do demonstrativo de fluxo de caixa.**

Ainda, os procedimentos para elaboração do Demonstrativo de Resultado e do Fluxo de Caixa do projeto não contemplam nenhuma estimativa relacionada às incertezas dos seus componentes – seja na obrigatoriedade de se analisar cenários, ou executar análises de sensibilidade, etc. Análises simples de cenários (otimista, pessimista e mais provável, por exemplo) são feitas esporadicamente, por iniciativa pessoal do responsável pela Proposta, ou nas situações em que o projeto é considerado estratégico ou de “alto risco” para a empresa.

#### 5.3.4 Aprovação de Proposta / Projeto

O documento de Aprovação da Proposta consiste em um sumário do projeto, que tem o propósito de ser analisado e aprovado pela alta gerência da empresa.

Nele são listados os principais resultados do projeto, derivados do Demonstrativo de Resultado e do Fluxo de Caixa (que devem ser anexados a este documento).

No documento de Aprovação da Proposta, devem ser descritos alguns itens que podem trazer indícios dos riscos associados ao projeto:

- As condições de Fornecimento, Recebimento e Financiamento propostas;

- A estimativa de variação cambial, e como seu efeito é refletido nas condições de reajuste de preços da proposta;
- As penalidades aplicáveis em caso de não cumprimento do contrato. As não-conformidades podem ser relativas aos editais ou especificações emitidos pelo cliente, ou relacionados ao cumprimento da legislação vigente;
- O documento reserva apenas algumas linhas para a declaração explícita dos riscos identificados no projeto, sem definir se a descrição deve incluir os riscos de mercado, de crédito, de liquidez, de modelagem, de execução, tecnológico, legal, etc. Também não define se, e como, essas incertezas devem ser quantificadas.

Independente da natureza e impacto dos riscos, seu compartilhamento entre os executivos da empresa toma por critério a magnitude financeira do projeto. A figura a seguir representa o documento de Aprovação de Projeto<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Siglas na figura a seguir:

GGD (Gerente Geral de Divisão): Gerente responsável pela unidade de negócios

EGM (Executive General Manager): Gerente geral com atribuições de diretoria (nível hierárquico superior ao GGD)

EMM (Executive Management Meeting): reunião periódica com participação dos diretores e liderada pelo presidente da empresa, onde um dos objetivos consiste na aprovação de projetos com valor acima de R\$ 50 milhões, alto risco ou com margem de contribuição menor do que 25%.

# APROVAÇÃO DE PROJETO

NOME DO PROJETO (Área de Marketing)		DOCUMENTO DE REFERÊNCIA (PROPOSTA, CONTRATO, ORDEM DE FORNECIMENTO) (Área de Marketing)		
NOME DO CLIENTE (Área de Marketing)		DIVISÃO (Área de Marketing)		
<b>CARACTERÍSTICA DO PROJETO</b>				
PRODUTOS A SEREM FORNECIDOS (Área de Marketing)		VALOR ENVOLVIDO (Área de Operações)		
RESULTADO PROJETADO - ANEXAR DEMONSTRATIVO (Área de Operações)				
DATA BASE (Área de Marketing)		RELAÇÃO R\$/US\$/ (Área de Marketing)		
CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO (Área de Operações)				
CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO (Área de Marketing)				
CONDIÇÕES DE FINANCIAMENTO (Área de Marketing)				
VARIAÇÃO CAMBIAL (CRITÉRIO) (Área de Marketing)				
PENALIDADES (Área de Marketing)				
RISCOS ENVOLVIDOS (Áreas de Marketing e de Operações)				
OUTRAS INFORMAÇÕES			DATA DE ENTREGA DO PROJETO	
<b>VALOR ATÉ R\$ 10 MILHÕES</b>				
APROVAÇÕES (Nome / Visto / Data)			APROVAÇÃO FINAL (Nome/Visto)	
ACCOUNT MANAGER		GGD DA ÁREA		EGM OPERAÇÃO
GGD CONTROLADORIA	GGD FINANÇAS	GGD JURÍDICO		
<b>VALOR ACIMA DE R\$ 10 MILHÕES ATÉ R\$ 50 MILHÕES</b>				
APROVAÇÕES (Nome / Visto / Data)			APROVAÇÃO FINAL (Nome/Visto)	
ACCOUNT MANAGER		GGD DA ÁREA	GGD CONTROLADORIA	DIRETOR DE OPERAÇÃO
GGD FINANÇAS	GGD JURÍDICO	EGM PLANEJTO DE OPERAÇÕES	EGM OPERAÇÃO	DIRETOR DE MARKETING
VALOR ACIMA DE R\$ 50 MILHÕES ou PROJETOS C/ RISCO DE CONTINGÊNCIA ou C/ CLÁUSULAS DE RISCO ou C/ MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO MENOR DO QUE 25%				
APROVAÇÕES (Nome / Visto / Data)			APROVAÇÃO FINAL	
ACCOUNT MANAGER	GGD DA ÁREA	GGD CONTROLADORIA	GGD FINANÇAS	EMM (DIRETOR PRESIDENTE)
GGD JURÍDICO	EGM PLANEJTO DE OPERAÇÕES	EGM OPERAÇÃO	DIRETOR DE MARKETING	DIRETOR DE OPERAÇÃO

Figura 7 – Formulário de Aprovação de Proposta

Fonte: empresa em estudo

No processo de aprovação de projetos:

- Propostas de até R\$10 milhões podem ser aprovadas pelo gerente geral, da Área de Negócios responsável pela proposta;
- Projetos entre R\$10 e R\$50 milhões devem ser aprovados por um Diretor estatutário da empresa;
- Empreendimentos com venda maior que R\$50 milhões, com “risco de contingência”, “cláusulas de risco” ou com margem de contribuição menor que 25% (que corresponde aproximadamente ao “break-even” médio da empresa) devem ser aprovados em um comitê executivo chefiado pelo Presidente da empresa.

Os documentos acima descritos devem ser elaborados e analisados criticamente pelas Áreas de Negócios responsáveis pela proposta. No entanto, antes da aprovação, também devem ser revisados pelas seguintes áreas, para uma eventual inclusão de novos riscos não identificados anteriormente:

- Divisão Jurídica – analisa principalmente as condições contratuais e os riscos legais;
- Controladoria – revisa principalmente os riscos de natureza fiscal e tributária;
- Divisão de Finanças – tem foco na análise dos riscos financeiros, operacionais e de mercado;
- Área de Suprimentos (Compras) – analisa principalmente os riscos relativos aos prazos e custos de fornecimento, levando em conta os fornecedores envolvidos no projeto.

#### 5.3.5 Análise de Riscos

Em 2002 a empresa definiu um procedimento adicional, de modo a sistematizar o processo de identificação e análise dos riscos dos projetos. Todas as propostas,

independentemente dos valores envolvidos, deverão ser encaminhadas para a avaliação de seus riscos antes de serem submetidas à aprovação.

Estão excluídas desta exigência:

- Propostas de fornecimento de produtos padronizados em mercados tradicionais, de baixo valor ou baixo nível de serviços agregados (e que, em tese, não expõem a empresa a níveis de incerteza altos);
- Solicitações de cotação simples, para fins orçamentários do cliente. Isto é, tais solicitações não caracterizam uma proposta formal.
- Propostas destinadas a reparos simples e substituição de placas defeituosas em equipamentos em operação.

De acordo com este novo procedimento, as Áreas de Negócios responsáveis pelas propostas devem enviar cópias das propostas, técnica e comercial, bem como dos demonstrativos de Resultado e Fluxo de Caixa, para uma área específica da Controladoria que analisará os riscos do projeto. Esta área deverá:

- Analisar os requisitos e especificações do cliente, constantes no edital ou solicitação de proposta, identificando os riscos envolvidos.
- Avaliar os Demonstrativos de Resultado e de Fluxo de Caixa do projeto, bem como a **Planilha de Análise de Riscos** emitida pela Área de Negócios, complementando-a com eventuais riscos não percebidos pela área.
- Interagir com a Área de Negócios na proposição de contramedidas que mitiguem os riscos.
- Analisar a proposta comercial, verificando se as contramedidas de consenso foram incluídas.
- Emitir o parecer de recomendação, ou não, de entrega da proposta. Este parecer é anexado ao documento de aprovação submetido à Diretoria da empresa.

A Planilha de Análise de Riscos, citada no procedimento acima (e representada na figura a seguir), tem o propósito de regulamentar o processo de identificação dos riscos e as contramedidas preventivas, ou corretivas, a serem adotadas pela empresa.

PLANILHA DE ANÁLISE DE RISCOS				
PROJETO:				
GATILHO	DESCRIÇÃO	RISCO IDENTIFICADO	CONSEQUÊNCIAS PROVÁVEIS CAUSADAS PELO RISCO	CONTRAMEDIDAS POSSÍVEIS DE SEREM IMPLEMENTADAS

**Figura 8 – Planilha de Análise de Riscos estimados para o projeto**

Fonte: empresa em estudo

A seguir, são apresentadas as premissas básicas a serem consideradas no seu preenchimento:

- O “Gatilho” consiste no fator que poderá deflagrar uma situação de risco.
- A “Descrição” deve conter o detalhamento da situação de risco.
- O “Risco Identificado” é definido como a situação de incerteza gerada.
- As “Consequências Prováveis Causadas pelo Risco” representam a estimativa do impacto que poderá ser causado pelo risco detectado.

- As “Contramedidas Possíveis de Serem Implementadas” consistem nas ações adotadas internamente, ou durante a negociação do contrato com o cliente, que eliminem ou minimizem os riscos.

#### **5.4 Pontos Fortes e Oportunidades de Melhoria no Processo Atual de Análise de Riscos da Empresa**

O processo atual de elaboração de propostas na empresa tem uma série de aspectos positivos, no que tange aos procedimentos para a análise de riscos dos projetos. Estes pontos fortes no processo são descritos a seguir.

Em primeiro lugar, todo o processo de elaboração de propostas deve seguir procedimentos formais, em termos de execução das atividades, responsabilidades das diversas áreas da empresa e documentação dos produtos de trabalho – tanto a proposta em si quanto o material de apoio, tais como os demonstrativos e documentos de aprovação do projeto.

Este conjunto de procedimentos inclui a obrigatoriedade de identificar as incertezas do projeto, antes de aprovar a proposta de venda a um cliente. Tal identificação dos riscos inclui a avaliação das suas chances de ocorrência, potenciais impactos, e contramedidas que, eventualmente, podem ser executadas para a mitigação das incertezas.

No entanto, as práticas atuais na empresa para a análise dos riscos baseiam-se exclusivamente na experiência e análise subjetiva dos analistas, em um processo que geralmente resulta em diagnósticos qualitativos. Em certos casos, estas análises podem ser de pouca utilidade para o tomador de decisão aprovar um projeto, ou rejeitá-lo, principalmente se sua expectativa estiver no retorno requerido de um empreendimento ajustado aos seus riscos.

Tais aspectos do processo atual de análise de riscos e seleção de projetos serão novamente discutidos adiante, em dois contextos: na descrição dos procedimentos atuais aplicados em um projeto real, e na aplicação hipotética da simulação de Monte Carlo, para a análise dos riscos e resultados deste projeto.

### **5.5 O Processo Atual da Empresa Aplicado em um Projeto**

A seguir será descrito como os procedimentos acima foram aplicados a uma das propostas emitidas pela empresa, que consistia em um projeto de fornecimento de equipamentos, software e serviços para uma operadora brasileira de telefonia fixa. Por questões de confidencialidade, os nomes das empresas e detalhes do projeto foram omitidos ou alterados. Os valores envolvidos também foram modificados, mas para possibilitar a análise foram mantidas as proporções entre eles.

Em seguida, a mesma proposta será analisada através de simulação, em comparação ao processo atual.

O Demonstrativo de Resultados do projeto em questão é representado abaixo:

## DEMONSTRATIVO DE RESULTADO DO PROJETO

(Valores em milhares de reais, pela Legislação Societária)

<b>PROJETO: FORNECIMENTO E CUSTOMIZAÇÃO DO SISTEMA XXX PARA OS ESTADOS A, B e C</b>	
<b>Documento de Referência (Proposta, Contrato, Ordem de Fornecimento):</b> <b>PROPOSTA SDBU CE-001/02 – 116104.069-01</b>	
<b>Cliente: YYY</b>	<b>Área de Negócios: Solution Design</b>

<b>Data Base: 05 / 03 / 2002</b>	<b>Câmbio: 2,33</b>	<b>PRODUTO</b>	<b>SERVIÇO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
<b>VENDA BRUTA (A)</b>		<b>10.006,16</b>	<b>890,02</b>	<b>10.896,18</b>	
IPI				-	
ICMS		(193,99)		(193,99)	
ISS		(167,57)	(44,50)	(212,07)	
PIS / COFINS		(303,88)	(20,58)	(324,46)	
<b>VENDA LÍQUIDA (B) = (A) - Impostos</b>		<b>9.340,72</b>	<b>824,94</b>	<b>10.165,66</b>	<b>100%</b>
Custos Variáveis - (C)		(6.268,99)	(494,62)	(6.763,61)	
Custo Fixo - (D)				-	
Depreciação / Amortização (E)				-	
<b>Custo da Venda (F) = (C) + (D) + (E)</b>		<b>(6.268,99)</b>	<b>(494,62)</b>	<b>(6.763,61)</b>	
<b>Custo Específico do Projeto (G)</b>			<b>(54,96)</b>	<b>(54,96)</b>	
<b>LUCRO BRUTO (H) = (B) - (F) - (G)</b>		<b>3.071,73</b>	<b>275,36</b>	<b>3.347,09</b>	<b>33%</b>
Despesas Diretas de Vendas - (I)		(280,22)	(24,75)	(304,97)	
Royalties - (J)				-	
<b>Despesas com Vendas (K) = (I) + (J)</b>		<b>(280,22)</b>	<b>(24,75)</b>	<b>(304,97)</b>	
Desp.Administrativa Própria (L)		(3.801,67)	(335,75)	(4.137,42)	
Desp.Fixa Corporativa (M)		(1.482,37)	(130,92)	(1.613,29)	
Depreciação / Amortização (N)		(110,22)	(9,73)	(119,95)	
Outros (O)				-	
<b>Total das Despesas (P) = (K) + (L) + (M) + (N) + (O)</b>		<b>(5.674,49)</b>	<b>(501,15)</b>	<b>(6.175,64)</b>	
<b>RESULTADO OPERACIONAL (Q) = (H) - (P)</b>		<b>(2.602,76)</b>	<b>(225,79)</b>	<b>(2.828,55)</b>	<b>-28%</b>
<b>JUROS DO FLUXO DE CAIXA (R)</b>		<b>(28,00)</b>		<b>(28,00)</b>	
<b>RESULTADO DO PROJETO (S) = (Q) +/- (R)</b>		<b>(2.630,76)</b>	<b>(225,79)</b>	<b>(2.856,55)</b>	<b>-28%</b>
<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO (B) - (C) - (G) - (K)</b>		<b>2.791,51</b>	<b>250,61</b>	<b>3.042,12</b>	<b>30%</b>
<b>EBTIDA (Q) + (E) + (N)</b>		<b>(2.492,54)</b>	<b>(216,06)</b>	<b>(2.708,60)</b>	<b>-27%</b>

**Figura 9 - Demonstrativo de Resultado para o projeto analisado**

O demonstrativo de resultado mostra que o projeto tem lucro bruto de 33% e margem de contribuição de 30%. No entanto, apresenta um lucro operacional negativo em função das despesas administrativas próprias (que refletem o rateio do staff e outras despesas da área entre os projetos), e da despesa fixa corporativa (que refletem o rateio do staff e outras despesas corporativas entre os projetos). Este resultado é consequência da empresa ter mantido uma expressiva estrutura operacional, oriunda dos níveis de vendas dos anos anteriores (1999 a 2001), aliado a uma forte retração de demanda no período em questão (2002). Tal diminuição no volume de vendas, posteriormente, provocou uma ampla reestruturação na empresa, que resultou na diminuição de ativos e do quadro de funcionários. Porém, esta reestruturação ocorreu depois que a proposta para o projeto em questão foi emitida.

De qualquer forma, este demonstrativo sugeria um projeto viável, uma vez que a alta margem de contribuição (comparada a outros projetos) poderia diminuir o déficit nos custos fixos, da área e da empresa.

A figura abaixo mostra o fluxo de caixa do projeto em questão, de acordo com os procedimentos da empresa:



# APROVAÇÃO DE PROJETO

NOME DO PROJETO (Área de Marketing)	
FORNECIMENTO E CUSTOMIZAÇÃO DO SISTEMA XXX PARA OS ESTADOS A, B e C	
DOCUMENTO DE REFERÊNCIA (PROPOSTA, CONTRATO, ORDEM DE FORNECIMENTO) (Área de Marketing)	
PROPOSTA SDBU CE-001/02 – 116104.069-01	
NOME DO CLIENTE (Área de Marketing)	DIVISÃO (Área de Marketing)
YYY	Solution Design
<b>CARACTERÍSTICA DO PROJETO</b>	
PRODUTOS A SEREM FORNECIDOS (Área de Marketing)	
Sistema de hardware e software para integração, serviços de instalação e suporte a integração	
VALOR ENVOLVIDO (Área de Operações)	
VENDA C/ IMPOSTOS KR\$10.896	
RESULTADO PROJETADO - ANEXAR DEMONSTRATIVO (Área de Operações)	
-(KR\$2.856). MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO DE 30%	
DATA BASE (Área de Marketing)	RELAÇÃO R\$/US\$/ (Área de Marketing)
05/03/2002	2,33
CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO (Área de Operações)	
10% vistoria / 70% na entrega dos equiptos / 10% entrega dos Sist. em Operação / 10% Aceitação	
CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO (Área de Marketing)	
30 DIAS	
CONDIÇÕES DE FINANCIAMENTO (Área de Marketing)	
CONFORME FINANCIAMENTO DO BANCO ZZZ PARA A YYY TELECOM.	
VARIAÇÃO CAMBIAL (CRITÉRIO) (Área de Marketing)	
mat. importado: var. entre a taxa de cambio base e a do momento do ajuste +/- 2%	
PENALIDADES (Área de Marketing)	
NÃO DEFINIDO	
RISCOS ENVOLVIDOS (Áreas de Marketing e de Operações)	
A parte de integração pode comprometer o recebimento da parte de HW, SW e serviços de instalação. Tentaremos desvincular os pagamentos das 02 partes.	
OUTRAS INFORMAÇÕES	DATA DE ENTREGA DO PROJETO
	15/03/2002

**Figura 11** - Documento de Aprovação para a Proposta em questão

No escopo deste projeto pode-se considerar dois conjuntos principais de atividades, em relação à complexidade de implementação e gerenciamento do sistema. Uma dessas partes consiste no fornecimento do *hardware* e *software* do sistema, bem como sua entrega e instalação no cliente. Como estas atividades, de forma similar, já foram executadas diversas vezes em projetos passados, pode-se considerar alta probabilidade de sucesso.

No entanto, existe um conjunto de atividades denominadas de “integração do sistema”, que consiste na modificação do *software* e da configuração dos equipamentos, para adequação a requisitos específicos do cliente. A integração inclui, também, a adaptação da solução para comunicação com outros sistemas já existentes na planta da operadora (de outros fornecedores, inclusive). As atividades de integração são consideradas críticas por envolverem tarefas específicas (não realizadas anteriormente pela empresa), especificações nem sempre precisas e, conseqüentemente, intensa interação com o cliente e outros fornecedores (que, em geral, são concorrentes da empresa em estudo).

Devido a esse fato, o campo de “riscos envolvidos”, do documento de aprovação do projeto, indica que um problema durante a integração pode comprometer até mesmo o recebimento da parte de *hardware*, *software* e serviços de instalação. Neste caso, uma possível medida de contingência foi o compromisso de negociar as condições comerciais com o cliente, para que os pagamentos das duas partes fossem independentes.

No entanto, a descrição sumária dos riscos no documento acima não fornece noção da magnitude do **impacto** que um atraso, ou falha na integração, produziria na entrega do *hardware*, *software* e serviços de instalação. Além disso, esta descrição não traz indícios sobre a **probabilidade** de ocorrência desta ameaça.

Já os novos procedimentos para análise de riscos, definidos em 2002 pela empresa, contornam parcialmente as limitações acima. O quadro abaixo mostra a análise de riscos realizada para este projeto:

PLANILHA DE ANÁLISE DE RISCOS				
PROJETO: FORNECIMENTO E CUSTOMIZAÇÃO DO SISTEMA XXX PARA OS ESTADOS A, B e C				
GATILHO	DESCRIÇÃO	RISCO IDENTIFICADO	CONSEQUÊNCIAS PROVÁVEIS CAUSADAS PELO RISCO	CONTRAMEDIDAS POSSÍVEIS DE SEREM IMPLEMENTADAS
Valor dos componentes importados indexados em dólar, sem repasse para o cliente	Proposta deve ser em R\$, fixos e irrealizáveis por um ano. Mas o fornecedor repassa a variação cambial dos Importados.	Variação cambial -> Custos acima do estimado.	Perdas decorrentes da variação cambial não repassadas nos preços para o cliente.	Negociar melhoria da cláusula cambial. Apresentar Proposta c/ repasse da variação cambial sobre 80% dos preços.
Condições de pagamento dos materiais de instalação, acessórios e serviços.	Serviços são pagos pelo cliente 30 dias após a execução de cada evento.	Pagamento aos fornecedores ocorrer Antes do recebimento.	Fluxo de caixa negativo.	Negociação de prazo de pagamento com os fornecedores.
Aluguel dos equipamentos	O edital permite apresentar proposta de aluguel dos equipamentos.	Desembolsos iniciais para a aquisição, com retorno ao longo do período de aluguel.	Necessidade de capital de giro para financiar o aluguel dos equipamentos.	Não está sendo proposta esta alternativa comercial.
Falha do cliente na definição dos requerimentos técnicos necessários.	O cliente não especifica as necessidades de integração do <i>software</i> e/ou equipamentos.	Solução ofertada não atende integralmente aos requisitos técnicos exigidos.	Necessidade de novas alternativas de produto e/ou fornecedor, com novas condições de custos e prazos.	Delimitar claramente a oferta na proposta técnica; qualquer alteração será objeto de nova negociação.
Garantia do menor preço	Se a contratada praticar preço inferior ao da proposta para qualquer outro cliente no Brasil, deverá repassar esta condição para o Cliente.	Fornecer os mesmos equipamentos a outros clientes com preço menor. Mas dificilmente uma Operadora abrirá seus custos a outra.	Necessidade de conceder descontos, comprometendo a rentabilidade e o fluxo de caixa.	Embora o risco seja baixo, iremos negociar a exclusão desta cláusula.

Figura 12 – Análise de Riscos para a Proposta em questão

Para o executivo que decidirá sobre a entrega ou abandono da proposta / projeto, a análise de riscos acima fornece uma noção dos riscos envolvidos, mais detalhada do que a breve descrição contida no documento de aprovação do projeto. Ainda, a documentação das contramedidas possíveis é útil para avaliar a viabilidade do projeto, bem como das próprias ações preventivas ou corretivas.

No entanto, a análise se limita ao desdobramento qualitativo dos riscos e seus impactos, o que só permite uma decisão subjetiva por parte dos executivos, pois:

- Não há indicação quantitativa dos riscos do projeto, ou seja, qual a probabilidade de ocorrência de cada um. Por exemplo, não é estimada a chance do câmbio flutuar dentro de uma determinada faixa.
- Não são quantificados os impactos dos riscos no resultado do projeto. Por exemplo, não está claro o quanto um eventual desconto compulsório nos preços afetaria o lucro operacional, ou fluxo de caixa.
- Em função dos fatores acima, não é possível determinar quais dos riscos listados são mais severos, em termos relativos. Isto seria importante no sentido de que as contramedidas poderiam ser aplicadas somente sobre os itens mais prováveis, ou de maior impacto no projeto.
- Uma vez que os procedimentos não definem claramente o conceito de risco em projetos, a análise em questão pode conter falhas de interpretação. Isto é, é possível que o analista interprete erroneamente como riscos, fatos que na realidade envolvem pouca ou nenhuma incerteza. Por exemplo, o requisito do cliente em pagar pelos serviços 30 dias após a sua execução, constitui uma condição e não uma incerteza. Desta forma, uma maneira mais precisa de especificar o risco poderia ser a "incerteza de conseguir executar as atividades nos prazos estipulados e, conseqüentemente, correr o risco de ter que pagar aos fornecedores antes do recebimento do cliente".

A seguir será descrito como este mesmo projeto poderia ser analisado com base na simulação de Monte Carlo, com o intuito de verificar em que aspectos a simulação pode

contornar as limitações inerentes aos procedimentos de avaliação, descritos anteriormente.

### **5.6 A Inclusão da Simulação de Monte Carlo na Análise de Riscos do Projeto**

Esta seção pretende descrever como a simulação de Monte Carlo poderia ser utilizada, para otimizar o processo de análise de riscos da empresa. A simulação será aplicada no demonstrativo de fluxo de caixa, do mesmo projeto descrito anteriormente, mas em duas situações: no fluxo de caixa original, e em uma sugestão de melhoria de fluxo de caixa, onde seria diminuído o rateio de despesas corporativas e da área (que, pelo menos em parte, existiriam independentemente da aprovação do projeto), e calculado o Valor Presente Líquido.

Para as simulações foi utilizado o *software* Crystal Ball 2000 Standard da Decisioneering, Inc<sup>8</sup>, com licença acadêmica.

Para efeito de análise, devido ao fato dos eventos terem ocorrido no passado (março de 2002), as estimativas que se seguem foram feitas sob o ponto de vista de um analista inserido no contexto da época. Por exemplo, a modelagem da taxa de câmbio será feita com base nas informações e previsões disponíveis na época, e não no que se sabe atualmente sobre o que ocorreu com o dólar ao longo de 2002, e no início de 2003.

#### **5.6.1 Simulação com o Fluxo de Caixa Original do Projeto**

Como modelo de análise foi utilizada a mesma planilha da Figura 10 - Demonstrativo de Fluxo de Caixa para o projeto analisado. As variáveis relevantes, descritas abaixo, foram derivadas dos riscos identificados na Figura 12 – Análise de Riscos para a Proposta em questão.

#### **1ª. Risco Identificado – Material Importado**

---

<sup>8</sup> O software está disponível para avaliação e comercialização em <http://www.decisioneering.com>

De acordo com a análise de riscos do projeto, uma incerteza que pode trazer impacto significativo é a variação cambial, uma vez que os insumos importados são cotados pelos fornecedores em dólar norte-americano, ao passo que o contrato com o cliente deve ser firmado em Reais, fixos e irrealizáveis por um ano, cujo valor base é o constante da proposta. Portanto o projeto está sujeito a risco cambial, no período entre a entrega da proposta e a formalização do contrato (tipicamente de 30 dias – após este período a proposta perde a validade, podendo ser reapresentada com os preços corrigidos); e entre a formalização do contrato e o pedido de compra dos insumos (implícito no fluxo de caixa como um período de 60 dias – se o projeto fosse contratado em junho, o pedido de compra seria emitido em agosto e o pagamento seria efetuado em outubro, a valores em reais de agosto).

A exposição a uma incerteza cambial corresponde a um risco simétrico, de acordo com a classificação de ESTY (2002). Ou seja, pode causar desvios tanto negativos, quanto positivos, no resultado do projeto.

Na época da elaboração da proposta (março de 2002), o dólar estava cotado a cerca de R\$2,30. O quadro abaixo mostra que, no período de dezembro de 2001 a março de 2002, houve pouca variação na taxa de câmbio, o que sugere que, na época, não havia expectativa de expressiva volatilidade desta variável – embora hoje saibamos que o segundo semestre de 2002 presenciou fortes variações na cotação do dólar, em virtude das incertezas sobre os programas de governo dos candidatos à Presidência da República (as eleições ocorreram em outubro), e o cenário econômico mundial.

Data	Compra	Venda	Data	Compra	Venda	Data	Compra	Venda
17/12/2001	R\$ 2,357	R\$ 2,358	16/01/2002	R\$ 2,385	R\$ 2,3867	19/02/2002	R\$ 2,424	R\$ 2,4249
18/12/2001	R\$ 2,342	R\$ 2,343	17/01/2002	R\$ 2,363	R\$ 2,3641	20/02/2002	R\$ 2,427	R\$ 2,4284
19/12/2001	R\$ 2,292	R\$ 2,293	18/01/2002	R\$ 2,374	R\$ 2,3752	21/02/2002	R\$ 2,423	R\$ 2,4241
20/12/2001	R\$ 2,319	R\$ 2,3202	21/01/2002	R\$ 2,373	R\$ 2,3742	22/02/2002	R\$ 2,426	R\$ 2,4273
21/12/2001	R\$ 2,330	R\$ 2,3311	23/01/2002	R\$ 2,379	R\$ 2,3804	25/02/2002	R\$ 2,405	R\$ 2,4062
24/12/2001	R\$ 2,337	R\$ 2,3378	24/01/2002	R\$ 2,397	R\$ 2,3981	26/02/2002	R\$ 2,393	R\$ 2,3947
26/12/2001	R\$ 2,313	R\$ 2,3145	25/01/2002	R\$ 2,403	R\$ 2,4046	27/02/2002	R\$ 2,381	R\$ 2,3827
27/12/2001	R\$ 2,320	R\$ 2,3215	28/01/2002	R\$ 2,422	R\$ 2,4228	28/02/2002	R\$ 2,347	R\$ 2,3482
28/12/2001	R\$ 2,319	R\$ 2,3204	29/01/2002	R\$ 2,422	R\$ 2,4234	01/03/2002	R\$ 2,358	R\$ 2,3596
31/12/2001	R\$ 2,319	R\$ 2,3204	30/01/2002	R\$ 2,437	R\$ 2,4384	04/03/2002	R\$ 2,342	R\$ 2,3432
02/01/2002	R\$ 2,305	R\$ 2,3066	31/01/2002	R\$ 2,417	R\$ 2,4183	05/03/2002	R\$ 2,324	R\$ 2,3251
03/01/2002	R\$ 2,292	R\$ 2,2932	01/02/2002	R\$ 2,415	R\$ 2,4161	06/03/2002	R\$ 2,351	R\$ 2,352
04/01/2002	R\$ 2,309	R\$ 2,3101	04/02/2002	R\$ 2,422	R\$ 2,4228	07/03/2002	R\$ 2,365	R\$ 2,3663
07/01/2002	R\$ 2,342	R\$ 2,3428	05/02/2002	R\$ 2,420	R\$ 2,4214	08/03/2002	R\$ 2,357	R\$ 2,3582
08/01/2002	R\$ 2,344	R\$ 2,3454	06/02/2002	R\$ 2,419	R\$ 2,4206	11/03/2002	R\$ 2,347	R\$ 2,3487
09/01/2002	R\$ 2,378	R\$ 2,3794	07/02/2002	R\$ 2,451	R\$ 2,4518	12/03/2002	R\$ 2,348	R\$ 2,3496
10/01/2002	R\$ 2,388	R\$ 2,3896	08/02/2002	R\$ 2,468	R\$ 2,4691	13/03/2002	R\$ 2,336	R\$ 2,3368
11/01/2002	R\$ 2,416	R\$ 2,4168	13/02/2002	R\$ 2,422	R\$ 2,4232	14/03/2002	R\$ 2,343	R\$ 2,3441
14/01/2002	R\$ 2,406	R\$ 2,4072	15/02/2002	R\$ 2,437	R\$ 2,438	15/03/2002	R\$ 2,353	R\$ 2,3542
15/01/2002	R\$ 2,369	R\$ 2,3705	18/02/2002	R\$ 2,427	R\$ 2,4284			

**Figura 13 - Cotação Oficial/Livre do Banco Central entre 15/12/2001 a 15/03/2002**

Fonte: FinanceOne (2003)

Desta forma, uma consulta a analistas da empresa mostra que a taxa de câmbio poderia ter sido estimada, no contexto da época, com um valor mais provável de R\$2,35 por dólar, R\$2,30 como uma estimativa otimista e R\$2,50 como uma estimativa pessimista.

Com estas taxas, a faixa de variação para a os insumos importados seria (com base no valor de R\$5.344.000 constante do demonstrativo de Fluxo de Caixa):

Câmbio	Material Importado
2,30	R\$ 5.230.298
2,35	R\$ 5.344.000
2,50	R\$ 5.685.106

Na ausência de informações consistentes, sobre a distribuição de probabilidades mais adequada à taxa de câmbio entre real e dólar norte-americano, esta variável poderia ter sido modelada com uma distribuição triangular, representada abaixo:

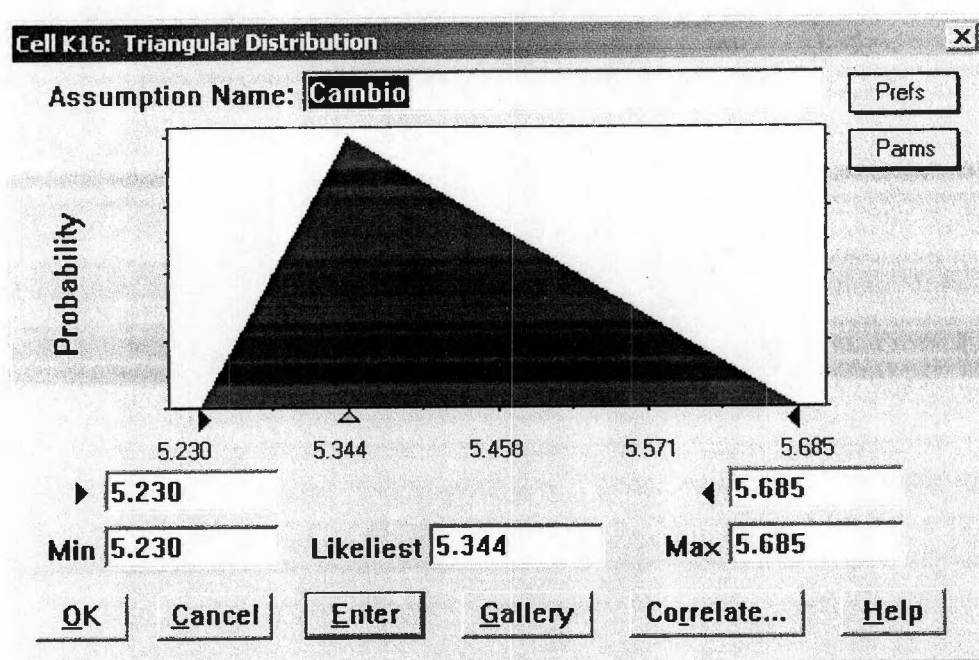


Figura 14 – Modelagem da taxa de câmbio utilizando o Crystal Ball

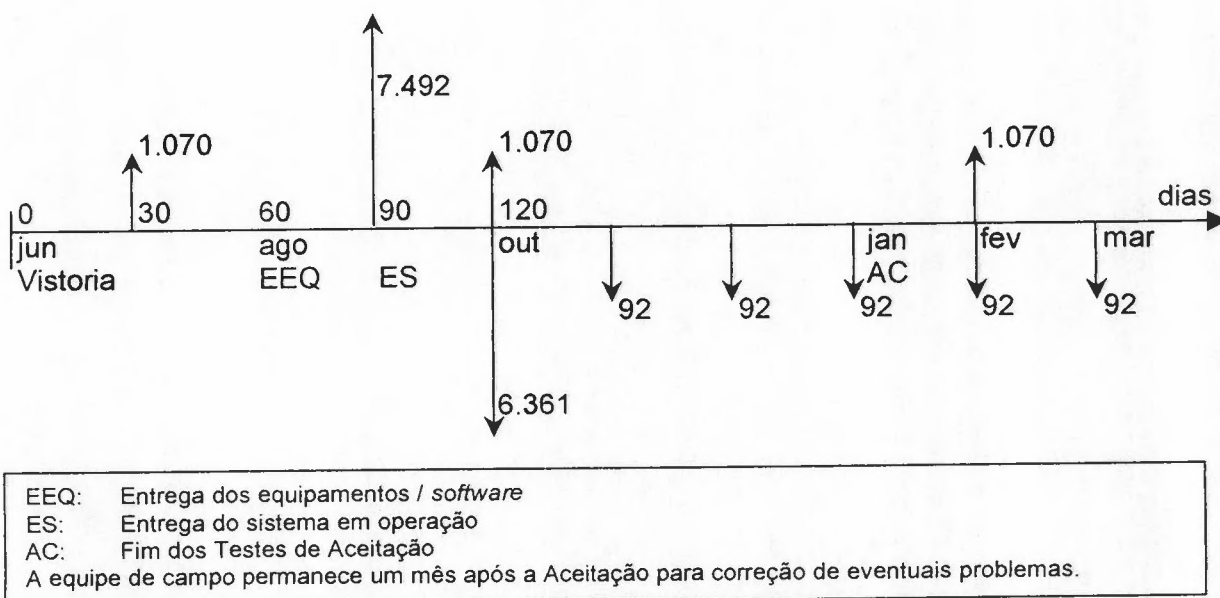
## 2ª. Risco Identificado – Ciclo Financeiro

Consiste na incerteza de se conseguir executar as atividades nos prazos estipulados e, em consequência, ter que pagar aos fornecedores antes do recebimento do cliente.

Neste projeto em particular, o cliente estipulava os seguintes prazos de pagamento à empresa:

- 10% do valor do contrato, após 30 dias a partir da vistoria do local de instalação. A vistoria geralmente ocorre imediatamente após a assinatura do contrato;
- 70% após 30 dias, a partir da entrega dos equipamentos e *software*. A entrega ocorreria 60 dias após a vistoria;
- 10% após 30 dias, a partir da entrega do sistema em operação. A entrega à operação ocorreria 30 dias após a entrega dos equipamentos e *software*;
- 10% após 30 dias, a partir dos Testes de Aceitação do cliente. A Aceitação ocorreria 120 dias após a entrega do sistema em operação.

Os fornecedores de equipamentos e *software* concordavam em receber após 60 dias a partir da entrega. Já os prestadores de serviços receberiam após 30 dias da execução. Desta forma o ciclo financeiro mais provável seria:



**Figura 15** – Ciclo Financeiro estimado para o projeto

A figura acima indica que, na situação mais provável, 80% do valor do contrato (R\$1.070.000 + R\$7.492.000) acontece antes dos desembolsos aos fornecedores. Portanto não há fluxo de caixa negativo nesta situação.

No entanto, seria possível que a empresa recebesse os equipamentos e *software* em dia, mas atrasasse a sua entrega ao cliente. Isto pode ocorrer devido a erros burocráticos, logísticos, produtos especificados incorretamente, etc. Neste caso, o pagamento de R\$6.361.000 aos fornecedores teria que ser feito antes do recebimento principal de R\$7.492.000, acarretando uma situação de fluxo de caixa negativo.

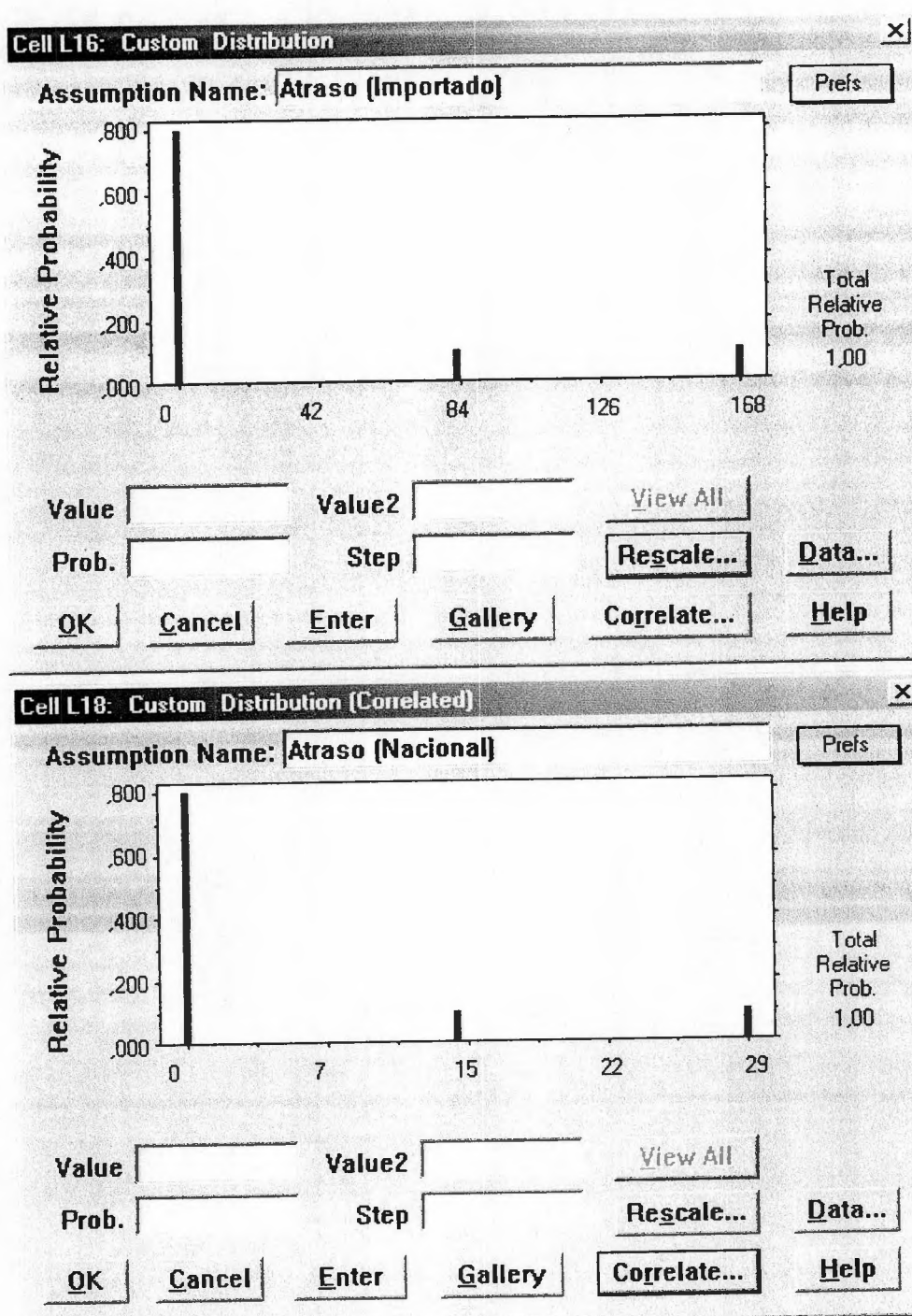
Caso isto acontecesse, seria necessário captar recursos de curto prazo ao um custo mensal de 1,56% ao mês, conforme dados da empresa.

Na classificação de ESTY (2002), esta incerteza corresponde ao um risco assimétrico, ou seja, pode causar desvios apenas negativos no resultado do projeto.

De acordo com os analistas e executivos da empresa, este é um risco baixo. Sua estimativa é de que este risco tinha 80% de chance não ocorrer, 10% de ocorrer fluxo negativo de 1 mês e 10% de 2 meses. Desta forma existiriam os custos adicionais:

Probabilidade	Custo adicional	Material Importado	Material Nacional
80%	0	0	0
10%	+1,56%	R\$83.000	R\$14.000
10%	+3,14% (= 1+1,56%) <sup>2</sup>	R\$168.000	R\$29.000

A modelagem para este risco está representada abaixo:



**Figura 16** – Modelagem para o risco do ciclo financeiro (Material Importado e Nacional)

Para este risco foram consideradas duas variáveis (material importado e nacional), uma vez que tanto os produtos, quanto os fornecedores, são distintos entre estas categorias.

Foram escolhidas distribuições discretas, pois está se considerando que os empréstimos só podem ser tomados e quitados em períodos mensais (para efeito de simplificação).

Porém, como este risco pode ser oriundo da própria empresa (e, portanto, afetando ambas as variáveis), atribuiu-se uma correlação de 0,5 entre elas.

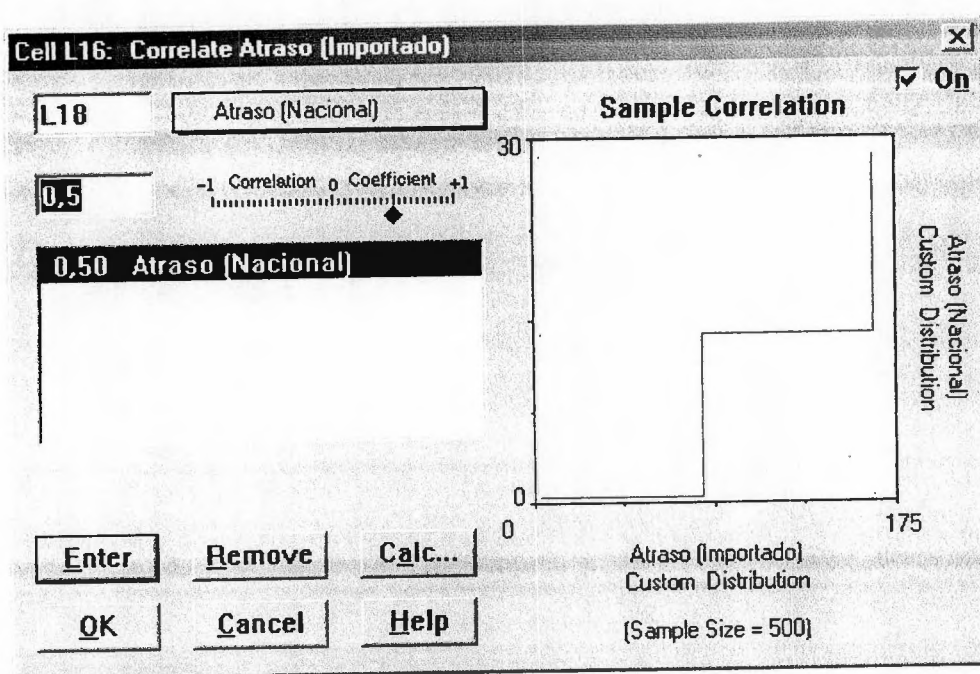


Figura 17 – Correlação entre as variáveis do custo dos materiais importado e nacional

### 3º. Risco Identificado – Alternativa de Aluguel dos Equipamentos

A análise de riscos do projeto aponta que o cliente dá à empresa a opção de alugar os equipamentos, ao invés de vendê-los, e que o risco seria o custo inicial de aquisição com retorno ao longo do tempo, na forma de aluguéis.

Aparentemente, a ausência de uma definição explícita do que seja **risco**, nos procedimentos da empresa, induziu a um **fato** ser considerado como uma **incerteza**. Isto é, a opção de aluguel é uma **decisão** a ser tomada pela empresa e não uma incerteza, que é refletida na própria contramedida descrita para este item na Figura 12 – Análise de Riscos para a Proposta em questão. Neste caso, a empresa optou por não apresentar a opção de aluguel na proposta final.

Portanto, esta situação não foi modelada na simulação, por não se tratar realmente de um risco.

#### 4º. Risco Identificado – Definição dos Requisitos Técnicos

Apesar da difícil quantificação de sua probabilidade e magnitude de impacto, o risco na definição dos requisitos técnicos é recorrente em projetos de soluções complexas, que envolvam tecnologia e processos empresariais, o que é o caso do projeto em questão. Este risco pode representar:

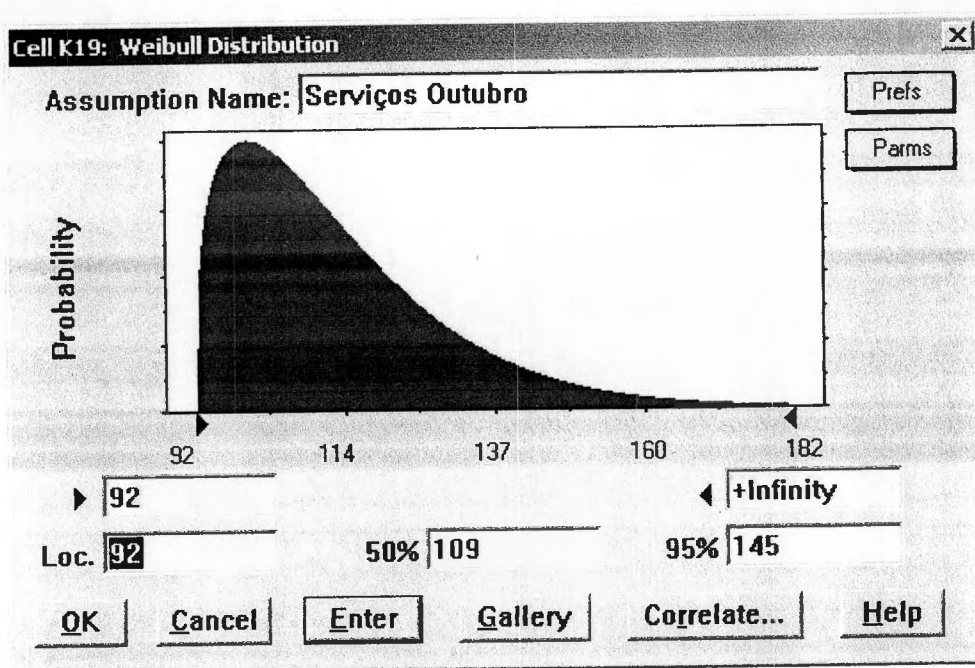
- Falta de clareza nos requisitos especificados pelo cliente, o que pode acarretar em diferença entre a necessidade real do cliente, e o que a empresa interpretou para elaborar o *design* da solução;
- A falta de clareza pode também acarretar em diferença entre a necessidade real da área usuária do cliente (Operação, por exemplo) e a área do cliente que escreveu os requisitos (Engenharia, por exemplo). Apesar de uma consequência desta natureza poder ser atribuída ao cliente, a tensão resultante, na execução do contrato, pode trazer resultados adversos para a empresa;
- Falta de clareza na definição do escopo do projeto, ou seja, determinadas atividades que devem ser executadas de acordo com o entendimento do cliente, podem ser interpretadas pela empresa como não estando dentro do escopo do contrato, etc.

De acordo com os analistas da empresa, os equipamentos e *software* teriam pouca exposição a este tipo de risco, devido à natureza da solução. O sistema proposto deveria interagir e coletar informações de equipamentos já existentes no cliente, porém estes dispositivos haviam sido fornecidos no passado pela própria empresa, portanto sua quantidade e características eram conhecidas. Desta forma, os equipamentos e licenças de *software* a serem fornecidos puderam ser calculados com razoável precisão.

No entanto, o risco de indefinição dos requisitos técnicos pode ter seu maior impacto nos serviços. Ou seja, pode significar uma parcela significativa de re-trabalho, ou de execução

de atividades que não haviam sido previstas. Esta incerteza operacional (GOLLUB, 1997) pode ser classificada como um risco predominantemente assimétrico, ou seja, pode causar desvios apenas negativos no resultado do projeto (ESTY, 2002).

A empresa considera que uma estimativa razoável da incerteza seria de que os custos dos serviços teriam probabilidade de 50% de ter um acréscimo de até 15~20%, e uma probabilidade de apenas 5% do acréscimo ser mais que 55~60% dos custos estimados originalmente. Desta forma, os custos mensais dos serviços foram modelados por uma distribuição Weibull – que tem aplicações típicas em estimativas de prazos, de acordo com EVANS e OLSON (1998), o que é crítico na contratação de serviços pagos por hora. A distribuição escolhida tem a forma e parâmetros especificados abaixo:



**Figura 18** – Modelagem do impacto da indefinição dos requisitos nos custos dos serviços

Os custos dos serviços dos demais meses foram modelados de forma idêntica.

##### 5º. Risco Identificado – Garantia do menor Preço

Consiste em uma cláusula das condições comerciais requeridas pelo cliente, que especifica que, se a empresa praticar preço inferior ao da proposta em questão para

qualquer outro cliente no Brasil, deverá garantir esta condição para o projeto em questão. Ou seja, se o cliente comprovar que os mesmos produtos foram vendidos para outras operadoras a preços menores, um desconto correspondente à diferença deverá ser obrigatoriamente aplicado. Portanto, corresponde a uma variante de um risco legal, na definição de GOLLUB (1997). Contudo, os analistas da empresa consideraram este risco como extremamente baixo, uma vez que:

- O cliente em questão fazia parte do mercado alvo da empresa, portanto os preços aplicados já embutiam um patamar de desconto bastante competitivo.
- Um sistema dimensionado para um cliente dificilmente é comparável a outro sistema vendido anteriormente, uma vez que as configurações, versões e quantidades dos equipamentos, *software* e serviços ofertados variam em cada projeto.
- É improvável que um cliente consiga obter, com precisão, os preços pagos por seus concorrentes em determinados produtos. Mesmo com fusões e aquisições entre diversas operadoras que podem ocorrer no Brasil, não há notícias de auditorias de custos nestas empresas que possam ter envolvido tal espécie de investigação.

Desta forma este risco foi modelado como uma distribuição discreta do tipo Bernoulli, onde um desconto compulsório de 15% no faturamento teria apenas 2% de chance de ocorrer.

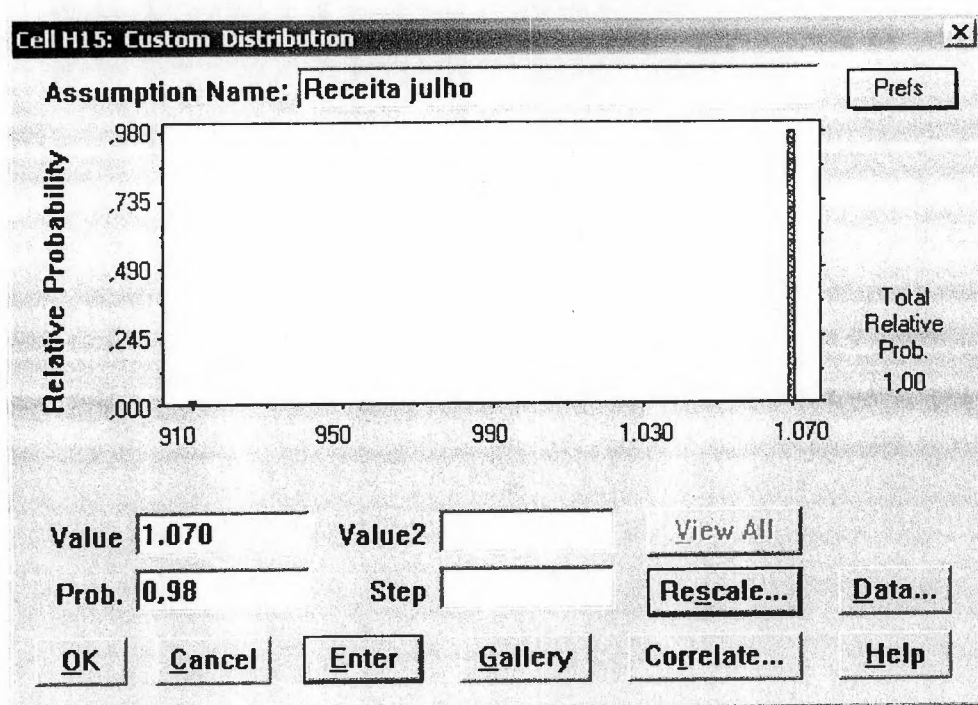


Figura 19 – Modelagem do risco de desconto compulsório para julho, outubro e fevereiro

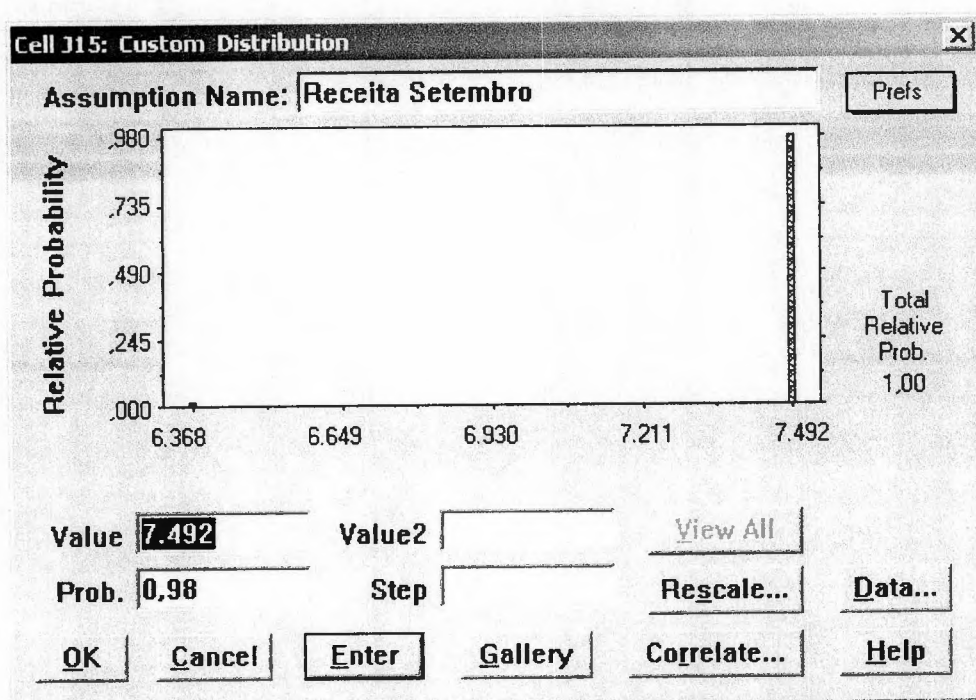
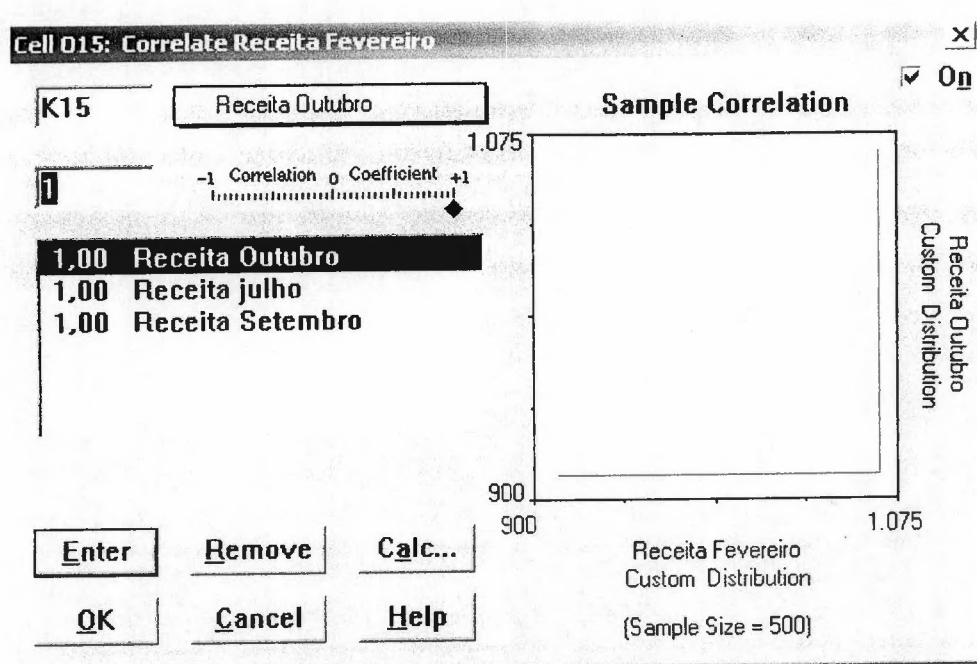


Figura 20 – Modelagem do risco de desconto compulsório para o mês de setembro

Uma vez que a ocorrência deste risco afeta simultaneamente todas as receitas, as quatro variáveis (receita de julho, setembro, outubro e fevereiro) foram correlacionadas entre si com coeficiente 1.



**Figura 21** – Correlação entre as variáveis de receita (risco de desconto compulsório)

Nesta primeira simulação, como variável de saída, será analisado apenas o saldo de caixa do projeto ao seu término, de modo a introduzir o mínimo de mudança no processo atual de análise e seleção de projetos da empresa. Na segunda simulação, mostrada mais adiante, tanto o saldo final de caixa, como o Valor Presente Líquido do projeto serão analisados.

A figura a seguir mostra a configuração da simulação. Foi definido que a simulação será executada até atingir uma precisão de 1% da média do saldo final.

A funcionalidade de Controle de Precisão permite fixar a precisão desejada da média, variância ou percentil do resultado da simulação. O Crystal Ball executa a simulação até que essas estatísticas alcancem a precisão exigida, através do cálculo de intervalos de confiança.

Em geral, à medida que mais iterações são calculadas, o intervalo de confiança diminui e as estatísticas ficam mais precisas – vide seção 2.8 – Questões Estatísticas Relativas à

Simulação de Monte Carlo. A funcionalidade de controle de precisão no Crystal Ball usa intervalos de confiança, para determinar quando uma precisão especificada de uma estatística foi alcançada. Quando o intervalo de confiança calculado atinge a precisão desejada, a simulação é finalizada (DECISIONEERING, 2003a).

**Cell P38: Define Forecast** [X]

Forecast Name: **Saldo Final**

Units: **R\$**

☒ **Specify Precision Using**

☐ Absolute Units: **121**

☒ Relative Percentage: **1,00**

For These Statistics:

☒ Mean

☐ Std Dev

☐ Percentile: **95,00**

**Window**

**Precision**

**Filter**

**<<** **>>**

**OK** **Cancel** **Less <<** **Set Default** **Help**

**Figura 22** – Configuração da precisão da simulação no Crystal Ball

Na configuração acima, a precisão foi especificada em condições relativas, útil para maior controle da simulação, quando a forma e parâmetros da distribuição do resultado forem desconhecidos (o que é o caso), e somente se está interessado na precisão como distância relativa entre a estimativa da média (ou desvio padrão, ou percentil) e a média da distribuição do resultado.

A especificação da precisão em valores absolutos seria mais adequada se houvesse uma idéia da distribuição do resultado, ou se esta variável tivesse valores próximos de zero – uma situação que pode ser típica na análise do Valor Presente Líquido de projetos.

Executando a simulação uma vez, a precisão especificada foi obtida com 350 iterações (figura abaixo). Repetindo a mesma simulação outras vezes, a precisão desejada foi obtida com quantidades de iterações entre 150 e 650.

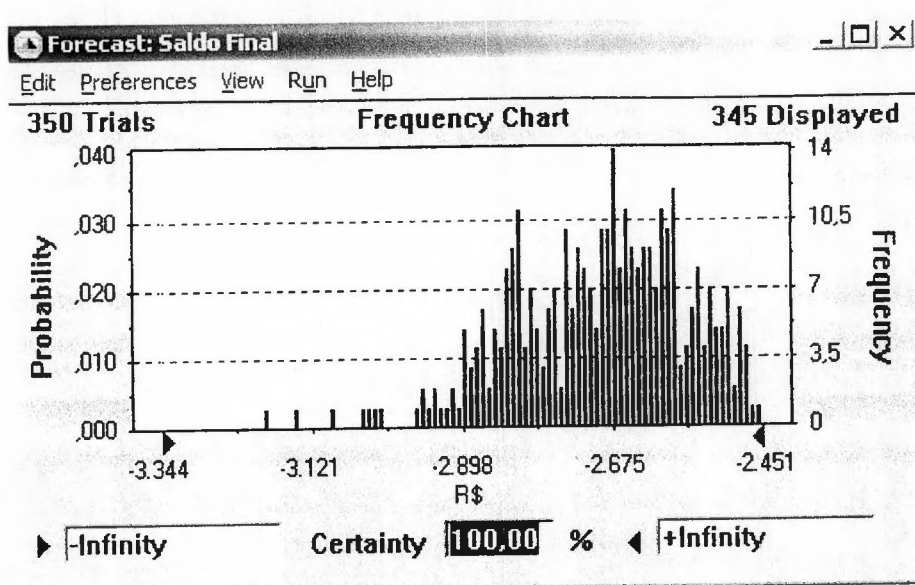


Figura 23 – Resultado da simulação com precisão fixada em 1%

Sendo assim, fixou-se o número de iterações em 1.000, de modo a assegurar uma precisão melhor que 1% para a estimativa da média do saldo final do projeto.

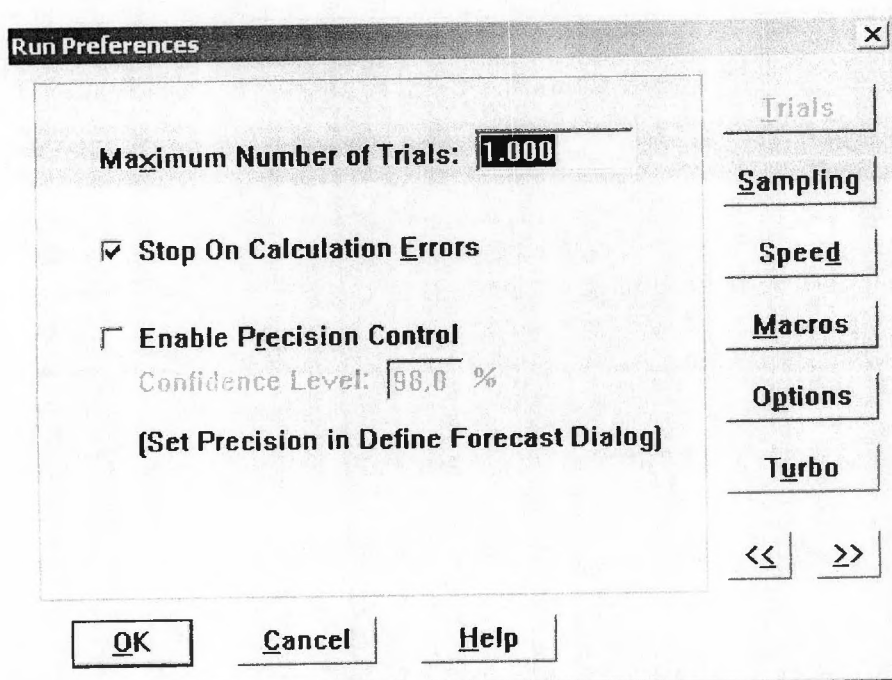
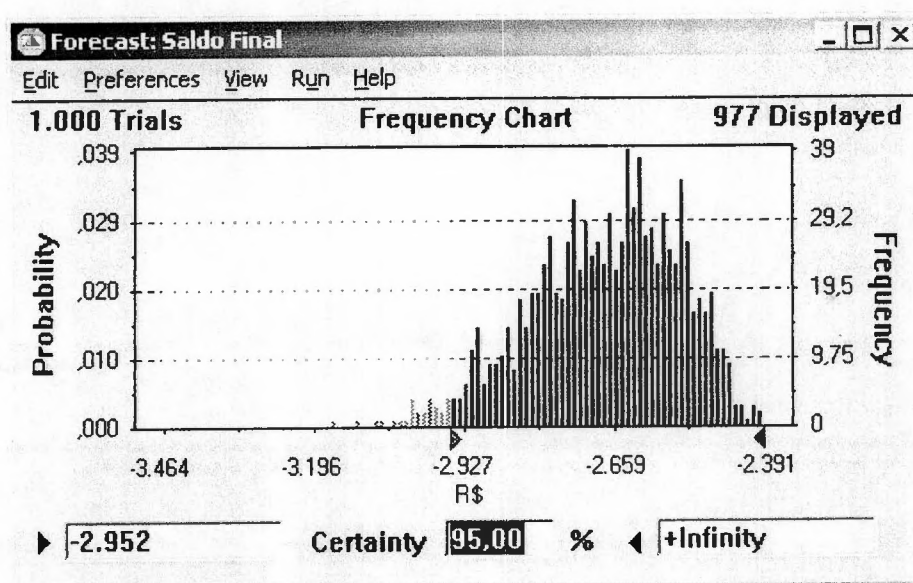


Figura 24 – Configuração de número fixo de iterações (independente da precisão)

O resultado desta simulação, representado na figura abaixo, revela uma distribuição assimétrica, com uma longa cauda (representando caixa negativo bem pior do que a perda estimada inicialmente de R\$2,4 milhões, sem simulação) e concentrada em torno de R\$2,6 milhões negativos. Esta primeira análise superficial sugere que, mesmo se limitando às incertezas descritas no processo padrão de identificação de riscos da empresa, as perdas podem ser significativamente maiores que o previsto sem apoio da simulação.



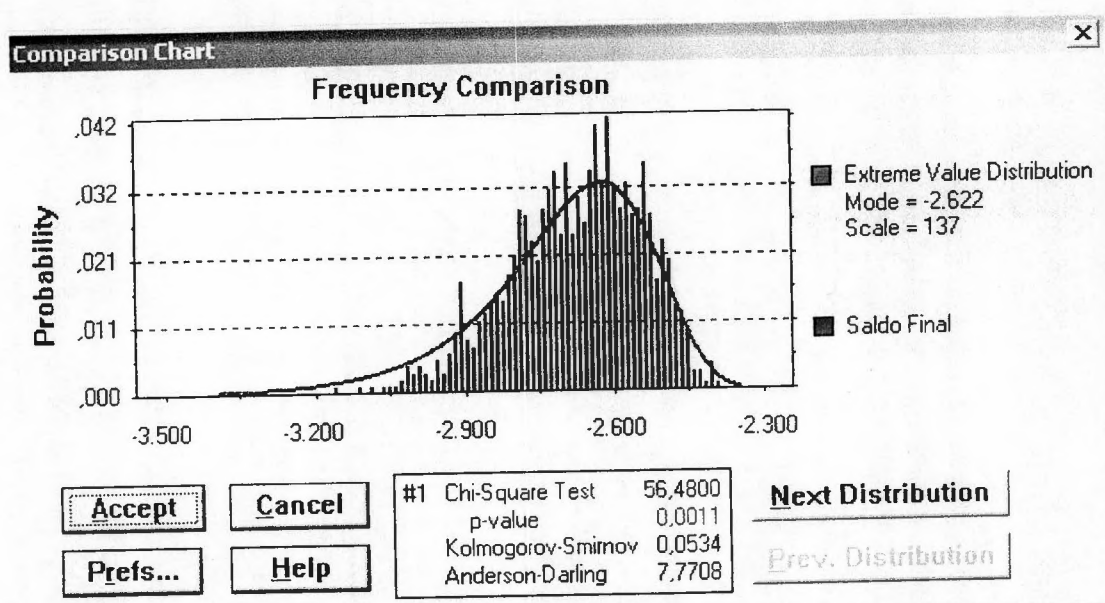
**Figura 25** – Histograma da simulação fixada em 1.000 iterações

A figura acima mostra que, com 95% de confiança, as perdas se situariam no intervalo [R\$2,93; R\$2,39] milhões, apesar da simulação ter mostrado uma faixa de variação total entre R\$4,51 e R\$2,39 milhões negativos – vide figura abaixo.

Forecast: Saldo Final	
Edit Preferences View Run Help	
Cell P38 Statistics	
Statistic	Value
Trials	1.000
Mean	-2.711
Median	-2.665
Mode	---
Standard Deviation	278
Variance	77.088
Skewness	-4.39
Kurtosis	26.38
Coeff. of Variability	-0.10
Range Minimum	-4.513
Range Maximum	-2.391
Range Width	2.122
Mean Std. Error	8.78

**Figura 26** – Estatísticas da simulação do saldo final do projeto

A figura a seguir, mostra o ajuste de uma distribuição teórica contínua aos resultados da simulação, através do teste Qui-Quadrado. A distribuição mais próxima encontrada pelo Crystal Ball foi a de Valor Extremo, com valor de teste Qui-Quadrado de 56,48 e p-value de 0,0011. O p-value encontrado para este ajuste foi extremamente baixo, indicando fraca adequação da distribuição teórica de acordo com o teste especificado.



**Figura 27** – Ajuste de distribuição teórica do saldo final através de teste Qui-quadrado

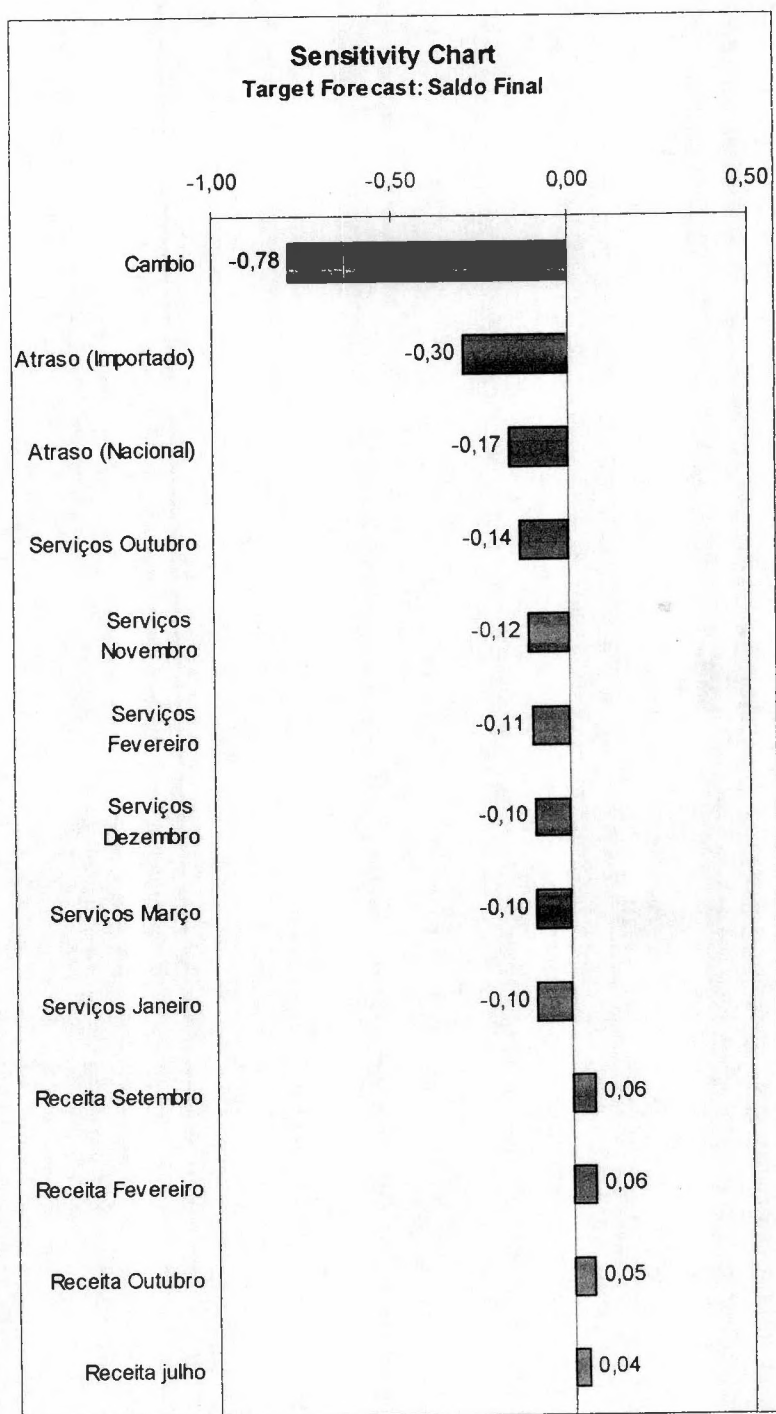
Os dados apresentados nas figuras acima permitem analisar o comportamento geral do resultado frente às incertezas modeladas, o que pode auxiliar na decisão de abandonar ou aprovar um projeto.

No entanto, o executivo pode ter a necessidade de analisar o impacto de **cada** fonte de incerteza no resultado final do projeto, com o intuito de avaliar se é possível adotar contramedidas específicas que tornem menores os riscos (e, portanto, a variabilidade final do resultado), bem como priorizar tais contramedidas. Para tal propósito se mostra útil a ferramenta de sensibilidade do Crystal Ball, mostrada na figura a seguir<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> A ferramenta de sensibilidade do Crystal Ball tem propósito semelhante à técnica de análise de sensibilidade discutida anteriormente – conforme revisão de Brealey e Myers (2000) –, porém os métodos são distintos. A análise de sensibilidade, conforme descrito anteriormente, consiste na avaliação do impacto de cada componente no resultado do projeto, através da manipulação de **uma variável de cada vez**. O que o Crystal Ball denomina como “análise de sensibilidade” é diferente: todas as variáveis assumem valores aleatórios, **simultaneamente**, e a contribuição de cada variável no resultado é estimada através do método de *rank correlation* ou da contribuição relativa de cada variável na variância do resultado do projeto. Ambos os métodos, no entanto, tendem a apresentar viés na presença de correlações.

*Rank correlation* consiste em usar uma escala ordenada ao invés dos coeficientes de correlação, com o propósito de dar algum significado à correlação entre variáveis aleatórias, com distribuições de probabilidade distintas.

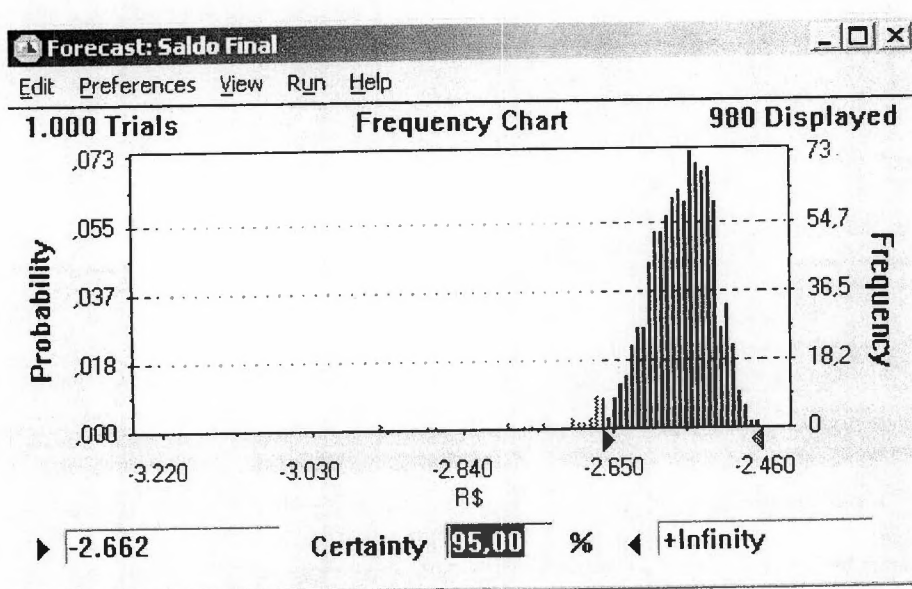


**Figura 28** – Gráfico de Sensibilidade do saldo final do projeto

O gráfico de sensibilidade do Crystal Ball mostra que o custo do material importado é crítico para o projeto, e atenção especial deve ser dispensada na influência da taxa de

câmbio neste custo. Com importância secundária, mas também significativa, surge o atraso do material importado, que conforme descrito anteriormente pode acarretar em fluxo de caixa negativo na operação do projeto.

Tais informações podem auxiliar na avaliação de ações preventivas que possam diminuir o impacto dos riscos mais relevantes, bem como na avaliação de quais riscos poderiam ser aceitos sem nenhuma providência prévia. Por exemplo, considere-se que fosse possível obter 100% de *hedge* sobre o valor do material importado, e que a escolha de fornecedores confiáveis, ou iniciativas mais rígidas de controle gerencial, tornassem o risco de atraso desprezível. Executando novamente a simulação com estas variáveis “travadas”, obteríamos o resultado abaixo<sup>10</sup>.



**Figura 29** – Simulação com o custo e atraso do material importado “travados”

É possível visualizar como a variabilidade do resultado do projeto diminui nesta situação hipotética. Com 95% de confiança, a perda de caixa situa-se entre [R\$2,66; R\$2,46] milhões – contra [R\$2,93; R\$2,39] milhões na simulação original. A perda média é de R\$2,6 milhões, contra R\$2,71 milhões na simulação original.

<sup>10</sup> Para efeito de simplificação, foram considerados desprezíveis os custos de *hedging* e das eventuais ações gerenciais nesta situação hipotética.

Este tipo de exercício pode auxiliar na determinação de quais riscos merecem maior esforço e monitoração, podendo até influir na decisão de aprovar, ou não, uma proposta de projeto.

#### 5.6.2 Simulação com o Fluxo de Caixa Marginal

A análise feita até aqui permitiu verificar que as perdas do projeto podem ser maiores que o previsto, além de identificar quais são as fontes de incerteza que mais podem afetar o resultado negativo do projeto.

No entanto, um executivo que viesse a receber um relatório com os resultados acima poderia apresentar reação negativa, uma vez que a estimativa mais “positiva” do projeto revela caixa negativo em mais de R\$2 milhões. Por que aprovar um projeto com tal prognóstico? Sob essa perspectiva superficial, se poderia questionar a própria necessidade de se aplicar a simulação em um projeto tão desfavorável.

De fato, tais conclusões podem ser induzidas pelas deficiências no procedimento padrão da empresa, para elaboração do Fluxo de Caixa do projeto. De acordo com BREALEY e MYERS (2000), o fluxo de caixa de um empreendimento, para efeito de cálculo de seu Valor Presente Líquido, deve ser elaborado em uma base **incremental**. Ou seja, o fluxo de caixa deve incluir apenas as entradas e saídas de recursos que são atribuídas ao projeto em questão.

Este não é o caso do Fluxo de Caixa definido pela empresa. O campo de “Despesas Próprias e Corporativas” (vide 5.3.3 Fluxo de Caixa do Projeto) consiste em despesas administrativas da Área de Negócios responsável pelo projeto e despesas comerciais, gerais e administrativas da empresa, alocadas por rateio. Pode-se considerar que, no caso considerado, pelo menos parte destas despesas existiria independentemente da execução do projeto, visto que a estrutura comercial e administrativa da empresa existia antes deste empreendimento.

Desta forma, é razoável eliminar esta despesa do projeto, de modo a examinar apenas sua contribuição específica para os retornos da empresa. No entanto, de modo a manter uma análise “conservadora”, pode-se eliminar apenas metade das Despesas Próprias e Corporativas. Isto é, ainda se está considerando que 50% deste rateio poderia ser

atribuído exclusivamente à existência do projeto em questão (o que, de acordo com os analistas da empresa, consiste em uma hipótese bastante pessimista).

A figura abaixo mostra o fluxo de caixa modificado de acordo com as considerações acima:

	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
Data Base: 05 / 03 / 2002 Câmbio R\$/US\$: 2,35	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
SALDO INICIAL (A) = (Q) período anterior		-	-	(299)	467	175	7.210	1.530	1.161	788	408	1.094
RECEBIMENTOS (B)	-	-	-	-	-	-	1.070	-	-	-	-	-
Material Importado (C)							5.344	-				
Desp. Alfandegária (D)						180						
Material Nacional (E)							925					
Serviços (F)							92	92	92	92	92	92
Impostos (G)							194					
Despesas Específicas do Projeto (J)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Despesas Próprias e Corporativas (K)			294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
PAGAMENTOS (M) = (C) + ... + (L)	-	-	299	299	299	459	6.854	391	391	391	391	391
GERAÇÃO OPERACIONAL (N) = (B) - (M)	-	-	(299)	771	(299)	7.032	(5.783)	(391)	(391)	(391)	680	(391)
SALDO OPERACIONAL (O) = (A) + (N)	-	-	(299)	472	168	7.207	1.427	1.139	771	397	1.088	703
Receita de Aplicação (sobre o saldo positivo do período anterior)					7	3	103	22	17	11	6	16
Despesa de Captação (sobre o saldo negativo do período anterior)				(5)								
JUROS SOBRE O FLUXO DE CAIXA (P)	-	-	-	(5)	7	3	103	22	17	11	6	16
SALDO FINAL (Q) = (O) + (P)	-	-	(299)	467	175	7.210	1.530	1.161	788	408	1.094	719
VALOR PRESENTE LÍQUIDO	5,00%											738

**Figura 30** – Fluxo de caixa modificado (marginal) para o projeto em questão

No fluxo de caixa acima, os campos com valores nulos foram omitidos. Todos os campos mostrados em cor verde representam as premissas da simulação, ou seja, as variáveis a que se atribuiu incerteza. Foram mantidas as mesmas distribuições de probabilidade da simulação da seção anterior.

Os campos mostrados em cor azul representam os resultados a serem analisados, que são o Saldo Final de caixa e o Valor Presente Líquido da geração operacional de caixa. As duas variáveis foram simuladas simultaneamente.<sup>11</sup>

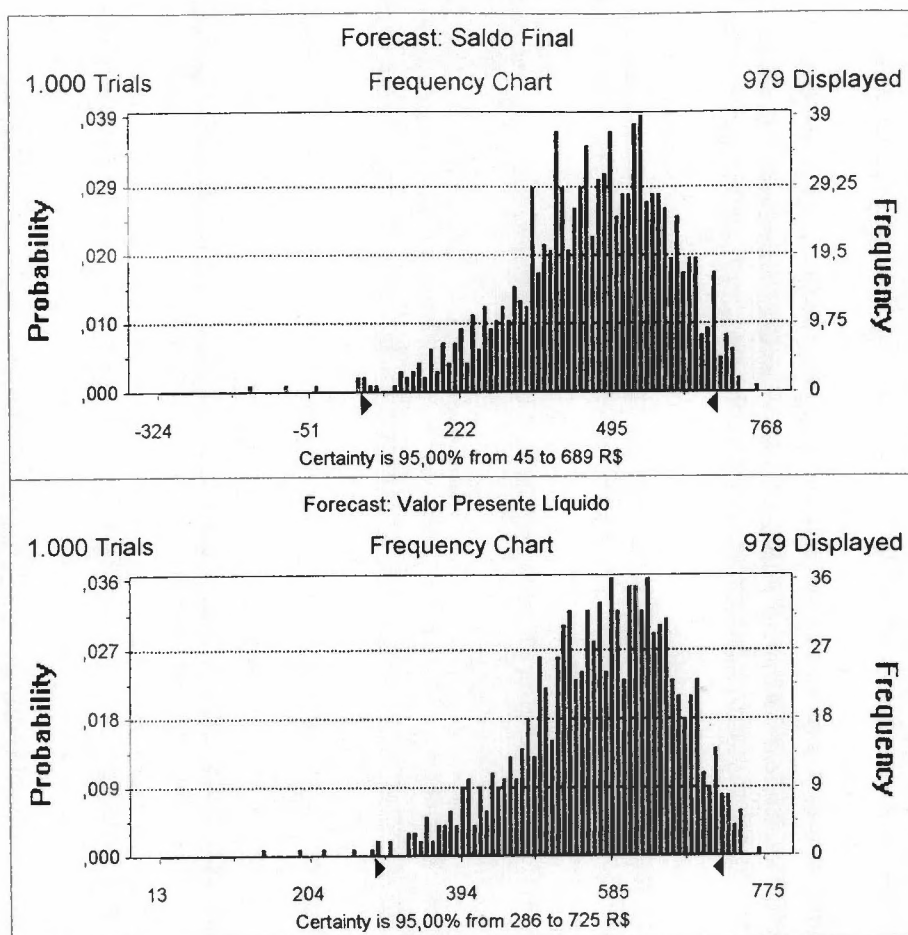
<sup>11</sup> Conforme sugerido por BREALEY e MYERS (2000), tentou-se utilizar a Taxa Interna de Retorno como resultado da simulação, mas obteve-se erros nestes resultados. Isto se deve ao método de cálculo utilizado pelo Excel, que reflete a própria natureza da TIR. Ou seja, a determinação da

Mesmo sem a aplicação da simulação, as modificações no Fluxo de Caixa padrão da empresa mostram um prognóstico mais atrativo do que na situação da simulação anterior. O Valor Presente Líquido do projeto, considerando apenas os seus custos específicos, é de mais de R\$740 mil – um resultado bem diferente do VPL negativo de –R\$1,4 milhões da simulação anterior. Para o cálculo do VPL foi utilizado um custo de capital de 5% ao mês, taxa sobre-valorizada para considerar os riscos específicos do projeto. Na época, a taxa média de retorno de aplicações efetuadas pela empresa no mercado de capitais era de 1,44%.

Ao executar a simulação com o fluxo de caixa marginal, cujo resultado é mostrado na figura abaixo, é possível visualizar uma distribuição assimétrica, semelhante à distribuição da simulação anterior. Pelo resultado tem-se a primeira impressão de que houve apenas um deslocamento da média, mantendo-se o perfil da distribuição, de forma aproximada. Este resultado era previsível, uma vez que não foram alteradas as fontes de incerteza.

---

Taxa Interna de Retorno admite múltiplas raízes, quando o fluxo de caixa em questão contiver custos e receitas dispostos no tempo de forma alternada (ou mesmo nenhuma solução real, em casos extremos). O Microsoft Excel possui a função TIR(), que usa uma técnica iterativa para o cálculo. Partindo de uma estimativa inicial (que por *default* é 10%), o Excel recalcula o resultado até obter uma precisão predefinida. Se, após 20 tentativas, a função TIR() não puder localizar um resultado dentro da precisão, um valor de erro será retornado. É possível fornecer estimativas iniciais diferentes do valor *default* de 10%, mas definir e atribuir estimativas iniciais em cada uma das centenas ou milhares de iterações da simulação é impraticável.



**Figura 31 – Histograma da simulação do Fluxo de Caixa marginal**

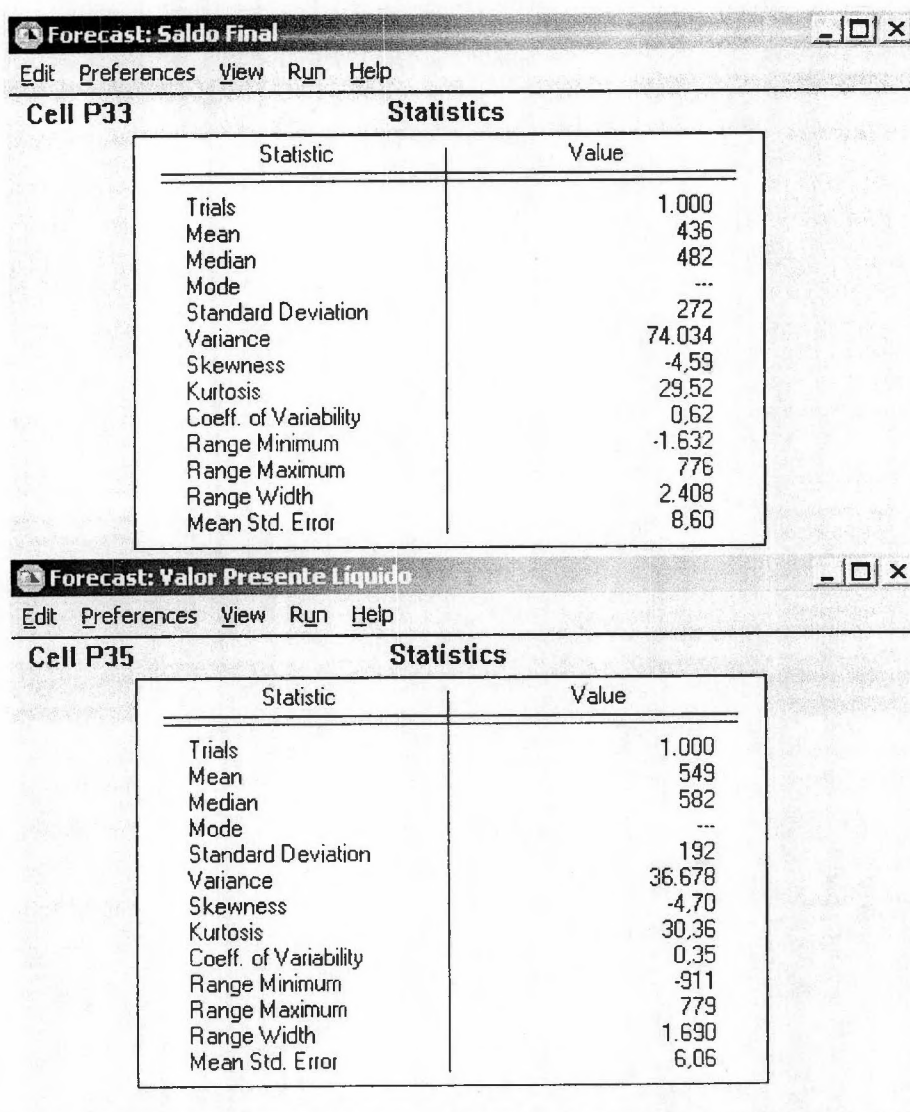
A figura acima mostra que, com 95% de confiança, o Saldo Final se situaria no intervalo [R\$45; R\$689] mil, com valor presente destes limites de R\$26 e R\$403 mil, respectivamente.

Com o mesmo nível de confiança, o Valor Presente Líquido na simulação estaria entre [R\$286; R\$725] mil.

Conforme mostrado na figura a seguir, a variável de Saldo Final apresenta variação total entre [-R\$1,63; +R\$0,77] milhões (faixa de R\$2,4 milhões, semelhante aos R\$2,1 milhões no Fluxo de Caixa original). O valor presente destes limites é de -R\$953 e R\$450 mil, respectivamente.

Já o VPL na simulação apresenta variação total de R\$1,69 milhões, no intervalo [-R\$0,91; +R\$0,78] milhões.

Estes resultados indicam que, apesar da possibilidade de prejuízo, o projeto gera caixa e VPL positivo a 5% de retorno mensal requerido, com 95% de confiança. Este prognóstico estava oculto quando o mesmo projeto foi simulado no Fluxo de Caixa padrão da empresa, que não tem base incremental.



**Figura 32** – Estatísticas da simulação do Fluxo de Caixa marginal

A figura a seguir, mostra o ajuste de uma distribuição teórica contínua aos resultados da simulação, através do teste Qui-Quadrado. A distribuição mais próxima encontrada pelo

Crystal Ball foi a de Valor Extremo, como na simulação anterior. No entanto o p-value encontrado para este ajuste foi mais significativo, tanto para o Saldo Final quanto para o Valor Presente Líquido.

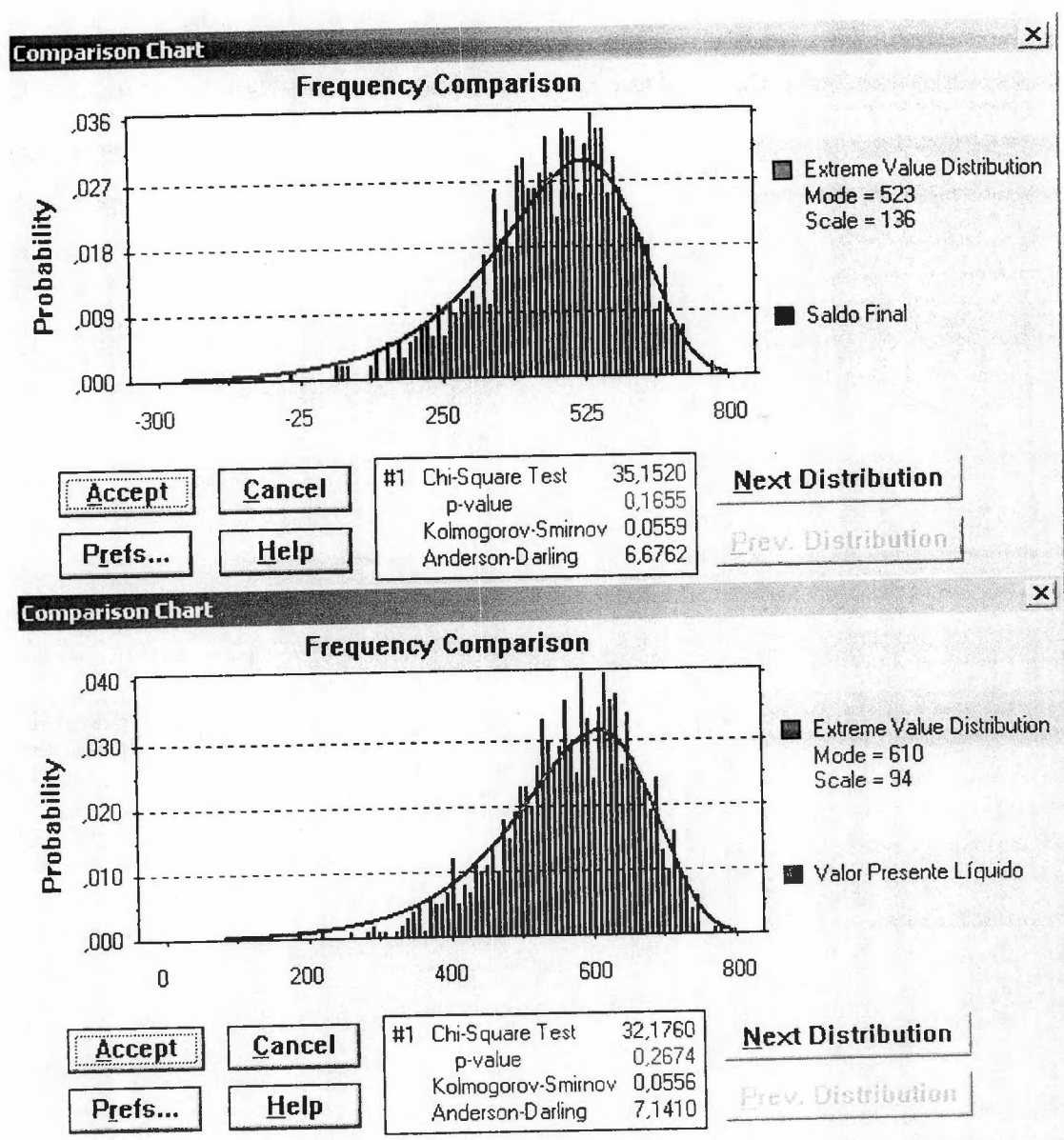
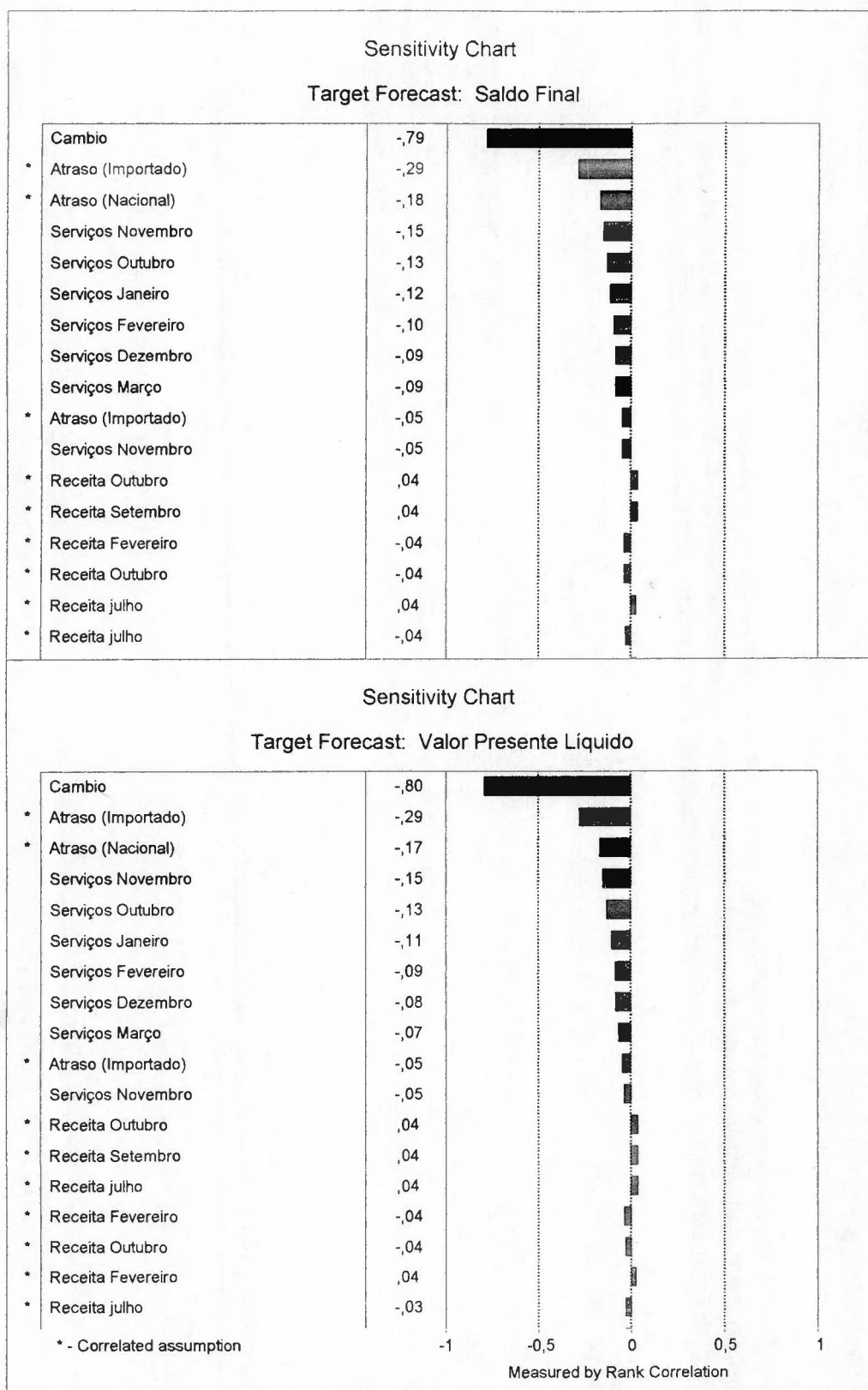


Figura 33 – Ajuste de distribuição teórica do fluxo marginal

Os dados apresentados nas figuras acima permitem analisar o comportamento geral do resultado, frente às incertezas modeladas, o que pode auxiliar na decisão de abandonar ou aprovar um projeto.

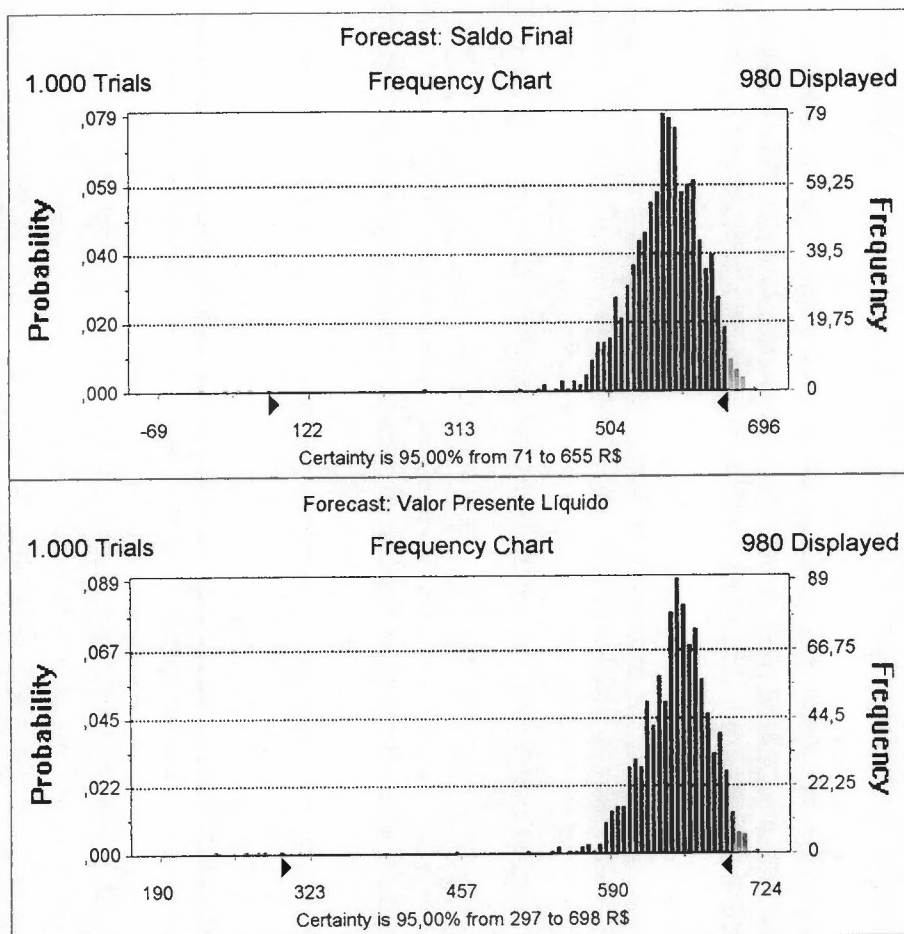
De modo a checar as variáveis de maior impacto no projeto, a sensibilidade do Crystal Ball é mostrada na figura a seguir (somente estão mostradas as variáveis de maior contribuição, calculada através de *rank correlation*).



**Figura 34 – Gráfico de Sensibilidade do Fluxo de Caixa marginal**

Assim como na simulação anterior, o gráfico de sensibilidade do Crystal Ball para o Fluxo de Caixa marginal mostra que o custo do material importado é crítico para o projeto, e atenção especial deve ser dada sobre a influência da taxa de câmbio neste custo. Com importância secundária, mas também significativa, vem o atraso do material importado.

Executando novamente a simulação com estas variáveis “travadas” (da mesma forma como foi feito na simulação anterior), foram obtidos os resultados abaixo<sup>12</sup>.



**Figura 35 – Simulação do fluxo marginal com as variáveis críticas “travadas”**

<sup>12</sup> Para efeito de simplificação, foram considerados desprezíveis os custos de *hedging* e das eventuais ações gerenciais nesta situação hipotética.

A diminuição da variabilidade do resultado do projeto nesta situação hipotética é significativa. Com 95% de confiança, o Saldo Final situa-se entre [R\$71; R\$655] mil, com valor presente destes limites de R\$42 e R\$383 mil, respectivamente.

Já o Valor Presente Líquido na simulação mantém-se na faixa [R\$297; R\$698] mil. Tais resultados sugerem que, se a modelagem das incertezas e ações corretivas for representativa da realidade dos riscos do projeto, tem-se um empreendimento promissor.

Nesta segunda simulação, foram modelados tanto o Saldo Final do projeto, quanto o Valor Presente Líquido da geração operacional de caixa. Foram observadas diferenças entre os valores obtidos para as duas variáveis, porém o comportamento de ambas foi semelhante em relação ao formato dos histogramas e os resultados da “sensibilidade” do Crystall Ball. Também houve consistência em relação ao “sinal” destas variáveis (quando o Saldo Final apresentava limites negativos, o mesmo acontecia com o VPL).

Sendo assim, para situações em que se considera suficiente conhecer o comportamento dos resultados, sua variabilidade e as entradas de maior impacto, com pouca necessidade de analisar os valores absolutos, é possível analisar tanto o saldo final quanto o Valor Presente Líquido do fluxo.

No entanto, neste último caso devem ser observados os comentários de BREALEY e MYERS (2000) sobre aplicações incorretas da simulação do VPL, tais como a utilização de uma taxa de desconto livre de risco, ou a simulação conjunta de múltiplos projetos (vide seção 4.2 – Limitações da Simulação de Monte Carlo).

## 6 CONCLUSÃO

---

Segue uma discussão sobre os resultados da simulação de Monte Carlo, aplicada ao processo de elaboração de propostas e análise de riscos de projetos, na empresa estudada. Em seguida são discutidas possíveis extensões ao objeto de simulação aplicado, que podem fazer parte do escopo de estudos de casos futuros.

### 6.1 *A Aplicabilidade da Simulação na Empresa Estudada*

Os procedimentos de elaboração de propostas para a venda de projetos, bem como de análise de riscos da empresa estudada mostram que, embora estruturado e padronizado, o processo de seleção de projetos apresenta algumas limitações, no que se refere à consideração dos riscos na tomada de decisão.

Talvez a principal limitação no processo da empresa, para a análise de riscos, esteja no caráter qualitativo da identificação, priorização e tratamento das incertezas. Como o processo começa e termina na análise qualitativa, não há instrumentos – além da intuição e experiência dos próprios analistas e executivos – que permitam avaliar quantitativamente as chances de ocorrência, os impactos dos riscos e, conseqüentemente, qual deve ser a sua influência na rentabilidade requerida, dos projetos em consideração pela empresa.

Uma prática que contribui para diminuir tal limitação é a análise de cenários. Tal técnica é aplicada na avaliação de alguns projetos da empresa, mas o fato de não haver critérios ou procedimentos para a sua execução, ou seja, não haver obrigatoriedade ou cultura de utilização da análise de cenários, faz com que esta técnica não seja utilizada extensivamente pela companhia. Em conseqüência, fica restrita a projetos especialmente vultuosos ou estratégicos, em que há disponibilidade de tempo para análise e disposição por parte dos gerentes e analistas. Além disso, conforme já discutido anteriormente, a análise de cenários padece de algumas desvantagens quando comparada à simulação de Monte Carlo.

Outro problema relevante reside no fato da seleção dos projetos não ser conduzida em uma base incremental, como defendem BREALEY e MYERS (2000). Os procedimentos para estimativa do Fluxo de Caixa do projeto incluem o rateio dos custos fixos da empresa, que em grande extensão são custos que ocorreriam independentemente da existência do projeto em questão. Uma vez que, na época em que a proposta foi elaborada (março de 2002) a empresa experimentava uma situação de forte retração nos níveis de receitas – que veio a culminar com uma extensa diminuição de ativos e pessoal –, neste período praticamente todos os projetos analisados apresentavam lucro e fluxo de caixa negativo, em função da estrutura de custos insustentável que a empresa apresentava na época. Devido a este contexto, é provável que projetos com bons prognósticos de retorno tenham sido abandonados por causa da alta taxa de rateio de custos corporativos, atribuída a cada proposta.

A situação pela qual a empresa passava, aliada às metodologias acima para análise dos projetos, trouxe alguns critérios adicionais de seleção de projetos. O principal deles consistiu no estabelecimento de um *hurdle rate*, ou uma taxa de corte, na forma de uma margem bruta mínima para os projetos – na época, definida em torno de 25% para todos os empreendimentos. Esta medida amenizava o viés da contabilização dos custos fixos nos Fluxos de Caixa (já que o *hurdle rate* era aplicado à margem bruta) e ao mesmo tempo era um reconhecimento, implícito, de que não era possível avaliar quantitativamente o grau de exposição ao risco – e em consequência o retorno requerido – de cada projeto.

Além disso, a influência do tempo, nos componentes do fluxo de caixa, não era considerada no processo padrão da empresa. No entanto é situação comum alguns projetos durarem vários anos, tornando distorcida a análise dos resultados e caixa dos projetos sem considerar os valores presentes dos recebimentos e pagamentos futuros – conforme visto anteriormente, o Valor Presente Líquido foi utilizado na simulação como uma sugestão, não fazendo parte dos procedimentos básicos da empresa.

A aplicação hipotética da simulação de Monte Carlo, em um dos projetos da empresa, mostra um exemplo de ferramenta que pode ser utilizada para minimizar as limitações descritas acima, no processo atual de análise e seleção de projetos.

Em primeiro lugar, a modelagem dos riscos, sob a forma de distribuições de probabilidade nas variáveis do fluxo de caixa, traz implícito o fato de que a simulação calcula um número elevado de cenários, de forma automática, e que a chance de ocorrência de cada um destes cenários é ponderada, pelas probabilidades atribuídas às variáveis de incerteza. Desta forma, a simulação fornece ao analista e ao tomador de decisão, um retrato condensado dos resultados do projeto decorrentes destes inúmeros “cenários”, possibilitando a análise da variabilidade esperada para o retorno do investimento e, portanto, a comparação dos retornos de um projeto com outras opções de investimento, que possam também ser submetidas à simulação de Monte Carlo.

Em segundo lugar, a possibilidade de analisar a contribuição, na variabilidade do resultado do projeto, de cada um dos fatores de risco modelados (descrito na simulação através dos gráficos de “sensibilidade” disponíveis no Crystal Ball), permite que o executivo tenha instrumentos para priorizar quais riscos exigem uma análise mais profunda, e uma coleta de informações mais detalhada, para se obter uma figura mais favorável de suas distribuições de probabilidade, ou mesmo decidir por ações preventivas, que minimizem os impactos desses riscos mais severos (o que se reflete na “escala” das distribuições de probabilidade modeladas para as variáveis).

Com tal potencial oferecido pelas ferramentas de simulação de Monte Carlo, a empresa pode se tornar menos dependente de artifícios, como o *hurdle rate* único para todos os projetos, pois a possibilidade de estimar a variabilidade do retorno de cada empreendimento, bem como a oportunidade de estimar como esta variabilidade pode ser minimizada através de ações específicas, pode constituir um primeiro passo para que a empresa possa estabelecer taxas de retorno específicas para cada empreendimento, ajustadas pelos seus riscos.

No entanto, a adoção da simulação de Monte Carlo provavelmente não constitui um processo trivial, principalmente em uma empresa sem familiaridade com métodos desta natureza, em especial nos detalhes estatísticos. Neste texto se procurou conduzir tanto a modelagem, quanto a análise dos resultados, sob o ponto de vista de um profissional inserido no dia-a-dia de uma empresa, portanto o rigor teórico refletido nas modelagens é, certamente, mais limitado do que haveria em um trabalho acadêmico. É sob esta ótica

que as dificuldades a seguir tornam-se evidentes, para um profissional envolvido com a simulação de Monte Carlo dentro de uma empresa.

O primeiro desafio, para um analista sem conhecimento profundo de teoria das probabilidades, é o processo de estimativa das distribuições. Tal estimativa exige a disponibilidade de dados históricos sobre a variável (o que nem sempre é útil na estimativa de componentes, como a taxa de câmbio, por exemplo), ou experiência sobre o comportamento do fenômeno analisado – mesmo quando o analista dispõe de tal conhecimento ou habilidade, nem sempre ele está apto a traduzir tal experiência em um conjunto de tipos e parâmetros de distribuições de probabilidade.

Além disso, tanto o analista mais experiente, quanto o cientista, estão sujeitos a desvios nas estimativas, tais como ancoragem, *framing* ou excesso de confiança.

É possível que a dificuldade na modelagem dos riscos na simulação possa ser minimizada, se a empresa vier a adotar práticas mais estruturadas na identificação dos riscos nos projetos. Por exemplo, se fossem utilizadas categorizações de riscos semelhantes às descritas na seção “1.2 – A Natureza dos Riscos na Análise de Investimentos” (tais como: classificação em riscos de crédito, mercado, liquidez, operacional e legal, ou em riscos simétricos, assimétricos e binários, por exemplo), os analistas teriam maior facilidade em identificar, e quantificar, os riscos mais típicos e recorrentes, podendo até mesmo construir uma base histórica de conhecimento para uso na análise de projetos semelhantes.

Em segundo lugar, um mínimo de conhecimento estatístico é necessário para a interpretação dos resultados da simulação de Monte Carlo. Noções de amostragem aleatória, intervalos de confiança, correlação, estatística descritiva, inferência estatística e testes estatísticos são necessárias para uma correta compreensão dos resultados e, principalmente, de suas limitações. A simulação de Monte Carlo é um experimento de geração de cenários, com base na amostragem aleatória de variáveis que, presumivelmente, refletem os riscos do projeto. Mesmo que as variáveis modeladas constituam um retrato fiel das incertezas, a natureza probabilística da simulação não implica que seus resultados sejam, necessariamente, um reflexo do que realmente acontecerá no projeto (mesmo porque várias simulações de um mesmo modelo fornecem resultados distintos, apesar de próximos, em geral).

De qualquer maneira, tais conceitos não são incompreensíveis; o que inexiste é sua popularidade no meio empresarial. Provavelmente, um esforço estruturado de conscientização e capacitação, para os analistas e executivos, pode fazer com que a simulação de Monte Carlo seja um instrumento útil e de uso contínuo, tanto na empresa estudada, como em qualquer outra que se disponha a utilizar tal técnica no suporte aos seus processos de análise de riscos.

## **6.2 Extensões Possíveis à Simulação de Monte Carlo**

Este trabalho manteve foco na aplicação da simulação de Monte Carlo, para a seleção de projetos de investimento, utilizando seus retornos (Valor Presente Líquido, por exemplo) como critério de decisão. No entanto, esta técnica pode se utilizada em diversas aplicações dentro do campo de análise de riscos em projetos, o que pode constituir objeto de pesquisa e estudo para trabalhos futuros sobre o tema.

Por exemplo, a simulação pode ser utilizada para a comparação, e conseqüente priorização, de dois ou mais projetos que disputam uma mesma fonte de recursos para investimento. De acordo com BREALEY e MYERS (2000), um problema na aplicação do critério do Valor Presente Líquido, para a tomada de decisões de investimento, reside no fato de que a decisão de investir em um projeto pode afetar, e ser afetada, por outras decisões da empresa. Um exemplo disso consiste na existência de diversos projetos com fluxos de caixa, e ciclos de vida, distintos. Apesar de todos serem potencialmente atrativos, o investimento simultâneo não é viável, em função de restrições de orçamento da empresa. Ou seja, é típica a situação em que um orçamento limitado, ou outros motivos, torna dois ou mais projetos mutuamente excludentes.

Uma alternativa nesta situação é comparar e priorizar o investimento nos projetos mais rentáveis, com base em seus custos anuais equivalentes (o custo anual equivalente é uma técnica que permite comparar o Valor Presente de projetos com diferentes horizontes de custos e receitas).

Neste contexto, EVANS e OLSON (1998, p. 130) descrevem um exemplo de aplicação da simulação de Monte Carlo, na escolha de projetos com restrição de orçamento.

Além do exemplo acima, a simulação de Monte Carlo pode ser aplicada na modelagem não apenas do fluxo de caixa de um projeto, mas também nas incertezas relativas aos prazos de execução, das diversas tarefas envolvidas em um empreendimento. Em projetos complexos e com emprego intensivo de capital intelectual, tais como contratos de desenvolvimento de *software* específico, empreendimentos que envolvam capacitação em novas tecnologias e habilidades, ou ainda outros que envolvam atividades que nunca foram desempenhadas anteriormente – tais como projetos de pesquisa e desenvolvimento, de implementação de tecnologias de ponta ou que envolvam grandes mudanças no *status quo* cultural e operacional das empresas – podem ter, como fontes de incerteza importantes, os prazos de execução das atividades, sujeitas a faixas de variação expressivas em relação às suas estimativas “mais prováveis”. Desta forma, atrasos em uma tarefa podem causar um “efeito cascata” em todas as atividades subseqüentes do projeto, com impacto significativo em seus custos, além de provocar outras conseqüências negativas como a aplicação de multas, rescisão de contratos, disputas judiciais, etc. Neste contexto, EVANS e OLSON (1998, p. 111) descrevem um exemplo da simulação de Monte Carlo aplicada a este tipo de análise.

A simulação pode ser, de certa forma, estendida com a inclusão de outras técnicas, para incluir opções de executar contramedidas preventivas, bem como abandonar ou alterar o montante investido em um projeto, **depois** do seu início, de acordo com decisões que possam ser tomadas em etapas intermediárias.

Algumas das ferramentas de *software* para simulação de Monte Carlo já trazem embutidas funcionalidades para a inclusão de decisões no modelo, e facilitar a comparação dos efeitos destas decisões no resultado. WERCKMAN et al. (2003), por exemplo, descreve tal funcionalidade no Crystal Ball, onde uma ou mais variáveis de decisão podem ser definidas e, a partir daí, várias simulações de Monte Carlo são executadas, de modo a verificar os efeitos das alternativas modeladas. Ainda, há ferramentas que dispõem de módulos suplementares para auxiliar a incorporação e análise de opções reais em um projeto de investimento.

A simulação pode ter algumas de suas características questionadas, de modo a analisar e contextualizar seu verdadeiro desempenho e validade estatística na análise de riscos em projetos. Apesar de parecer uma questão de cunho acadêmico, tal análise pode auxiliar os analistas e executivos na empresa, a terem noção da real confiabilidade dos resultados de uma simulação de Monte Carlo. Por exemplo, um objeto de estudo pode ser a validade do método de análise de sensibilidade das ferramentas de simulação disponíveis no mercado, ou ainda, comparar diferentes métodos de amostragem aleatória, tais como a amostragem de Monte Carlo – que seleciona aleatoriamente um valor válido de cada uma das variáveis aleatórias modeladas, de forma independente de uma iteração para outra –, ou a técnica de amostragem *Latin Hypercube* – que otimiza o processo de amostragem ao longo do progresso das iterações, o que em geral resulta em maior precisão do que a amostragem de Monte Carlo (WERCKMAN et al., 2003).

A seleção de projetos por uma empresa, através da análise do investimento e do retorno requerido, pode seguir um caminho evolutivo, até fazer parte de um contexto mais abrangente na companhia. FERNANDES (2001) reconhece que, normalmente, os riscos são tratados de forma isolada nas empresas e sugere um modelo de *portfolio* de riscos: o *Enterprise-Wide Risk Management* (EWRM). O EWRM é um modelo holístico, que propõe integrar estratégia, processos, pessoas, tecnologia e conhecimento na gestão de riscos.

No cenário ideal do modelo, as decisões são baseadas no *trade-off* entre risco e retorno, que se desdobram em várias partes: governança corporativa, linhas de negócios, gestão de *portfolio* (diversificação de investimentos), transferência de riscos, metodologias de cálculo (que incluem a melhoria contínua de ferramentas como o VPL e EVA) e gestão dos *stakeholders*. O EWRM procura determinar o retorno sobre risco ajustado, para melhor gerenciar as diferenças entre as divisões e produtos.

LIGO, Alexandre Kimiyaki. A Simulação de Monte Carlo como Instrumento de Análise de Riscos e Seleção de Projetos. São Paulo: EAESP / FGV, 2003. 127 p. (Monographic text presented in the MBA course of EAESP / FGV, Concentration: Finance).

Abstract: the text discuss the applicability of Monte Carlo Simulation to Risk Analysis and, as a consequence, to support the decision making process of investing in a capital-intensive project. It is discussed some methods of risk analysis, project evaluation and selection, as well as the nature, advantages and limitations of Monte Carlo Simulation. Finally, the applicability of this tool is analyzed, based in the risk analysis process of a Brazilian company.

Keywords: Project Management, Capital Budgeting, Risk Analysis, Monte Carlo Simulation.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AGGARWAL, Raj. *Capital Budgeting Under Uncertainty*. 1ª ed. EUA. Prentice-Hall. 1993.

BODIE, Zvi, KANE, Alex, MARCUS, Alan J. *Investments*, 5ª Edition. Irwin McGraw-Hill, 2002.

BREALEY, Richard A. e MYERS, Stewart C., *Principles of Corporate Finance*, 6ª Edition, Irwin McGraw-Hill, 2000

BRIGHAM, E.F. e SHOME, D.K. *Estimating the Market Risk Premium*. In: Crum, Roy L., and Frans G. J. Derkinderen. *Risks, Capital Costs, and Project Financing Decisions*. Boston, MA: M. Nijhoff Publishers. pp. 79-106, 1981.

BROYLES, J.E. e COOPER, I.A. *Growth Opportunities and Real Investment Decisions*. In: Crum, Roy L., and Frans G. J. Derkinderen. *Risks, Capital Costs, and Project Financing Decisions*. Boston, MA: M. Nijhoff Publishers. pp. 107-118, 1981.

BUSSAB, Wilton O., MORETTIN, Pedro A. *Estatística Básica*. 4a. Edição, Atual Editora, 1987.

DECISIONEERING – Crystal Ball 2000 Academic Edition, version 5.2.2. *Software* para a simulação de Monte Carlo. Decisioneering, Inc. 2003. Disponível em: <<http://www.decisioneering.com/downloadpage.html>>. Adquirido em: 03 de junho de 2003.

DECISIONEERING, Inc. *Crystal Ball Tutorial (Getting Started with Crystal Ball)*. 2001. Documento distribuído pela empresa.

DECISIONEERING, Inc. *The Custom Distribution*. Disponível em: <<http://www.decisioneering.com/spotlight/spotlist.html>>. Acesso em: 04 de junho de 2003.

DIXIT, Avinash K. e PINDYCK, Robert S. *Investment under uncertainty*. Princeton, N.J.: Princeton University, c1994.

ESTY, B.C., *Returns on Project-Financed Investments: Evolution and Managerial Implications*, Journal of Applied Corporate Finance, Spring, pp. 71-86, 2002

EVANS, James e OLSON, David. *Introduction to Simulation and Risk Analysis*. Prentice Hall, 1998.

FERNANDES, M.A. *Enterprise-wide risk management: um modelo de gestão integrada de riscos*. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração de Empresas) – FGV/Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo. 2001.

FINANCEONE. *Histórico do Dólar*. Disponível em: <<http://www.financeone.com.br>>. Acesso em: 04 de junho de 2003.

FINNERTY, J.D., *Project Financing: Asset-based Financial Engineering*, John Wiley & Sons, 1996.

GEER, Carolyn T. *Factoring Uncertainty into Retirement Planning: The Monte Carlo Method*. Fortune, January 1999.

GOLLUB, Richard Alfred. *Value at Risk – Um conceito em busca de identidade: inovação ou evolução?* Dissertação (Mestrado Profissional em Administração de Empresas) – FGV/Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo. 1997.

GRAHAM, J., HARVEY, Campbell, *How do CFOs Make Capital Budgeting and Capital Structure Decisions?*, Journal of Applied Corporate Finance, Spring, pp. 8-23, 2002

HARVEY, Campbell R. *WWWFinance: Project Evaluation*, Campbell R. Harvey Homepage. 1995. Disponível em: <<http://www.duke.edu/~charvey/Classes/ba350/project/project.htm>>. Acesso em: 17 de março de 2003.

HOLTAN, Marius. *Using Simulation to Calculate the NPV of a project*. Onward Inc., 2002.

HOLZINGER, Erik. *Monte Carlo – The Future of Pharmaceutical Forecasting?*, The Wood Mackenzie Solution, Issue 1, Wood Mackenzie Consulting, Maio de 2003. Disponível em: <<http://www.decisioneering.com/>>. Acesso em: 04 de junho de 2003.

HORNGREN, Charles T., FOSTER, George, DATAR, Srikant M. *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*. 10<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, 1999.

JACKEL, Peter. *Monte Carlo methods in finance*. Chichester: John Wiley & Sons, 2002.

MEREDITH, J.R., MANTEL S.J. Jr. *Project management: a managerial approach*. New York: John Wiley & Sons, 1985.

MICROSOFT Excel 2000. Planilha eletrônica. Microsoft Corporation, 2000. Conjunto de programas.

MIDDLETON, Michael R. *Decision Trees Using TreePlan*. Decision Support Services. 2001. Disponível em: < <http://www.treeplan.com/treeplan.pdf>>. Acesso em: 03 de junho de 2003.

MILGROM, Paul, ROBERTS, John. *Economics, Organization & Management*. Prentice Hall, 1992.

PLLANA, Sabri. *History of Monte Carlo Method*. Disponível em: <<http://stud4.tuwien.ac.at/~e9527412/>>. Acesso em: 03 de junho de 2003.

SPANOS, Aris. *Probability Theory and Statistical Inference: Econometric Modeling with Observational Data*. Cambridge: Cambridge University, 1999.

VOSE, David. *Quantitative risk analysis: a guide to Monte Carlo simulation modelling*. Chichester : John Wiley, 1996.

WEIGT, Renata Giraldes de Manreza. *O Risco na Avaliação de Performance de Empresas não Financeiras*. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração de Empresas) – FGV/Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo. 2001.

WERCKMAN, Carol et al. *Crystal Ball 2000.2 User Manual*. Parte integrante da documentação do software Crystal Ball – vide Decisioneering (2003a) acima. Decisioneering, Inc, 2003.