

CONTROLADORIA: MENSURAÇÃO EM DECISÕES COM INCERTEZA

Edilene Santana Santos

Luiz João Corrar

Resumo:

A identificação e mensuração das variáveis de incerteza nas tomadas de decisão das empresas vem adquirindo cada vez maior importância na otimização do processo gerencial, característica da função do controller. A Teoria da Decisão, antes restrita a processos repetitivos de engenharia industrial, vem evoluindo através de contribuições interdisciplinares, possibilitando hoje a aplicação de métodos quantitativos às decisões mais abrangentes da alta gestão das empresas. Neste artigo, uma empresa hipotética busca uma decisão estratégica seguindo as diversas fases do processo de decisão. São aplicadas primeiramente variáveis determinísticas, segundo os critérios Maximax, Maximin e Minimax. A seguir, são atribuídas probabilidades subjetivas a essas variáveis e é aplicada a técnica de simulação de Monte Carlo. Finalmente a preferência do decisor em relação ao risco é determinada pela aplicação do critério de utilidade, o que permite à empresa a escolha da melhor alternativa para uma decisão consistente.

Palavras-chave:

Área temática: *Custos e Tomada de Decisões: Modelos e Experiências*

CONTROLADORIA: MENSURAÇÃO EM DECISÕES COM INCERTEZA

Edilene Santana Santos- Mestranda em Controladoria e Contabilidade pela FEA/USP.
Coordenadora de C. Contábeis da UNINOVE e Profa. da FASP

Luiz João Corrar- Prof. Dr. do Departamento de Contabilidade e Atuária da FEA/USP. Coordenador do MBA – Atuária
Departamento de Contabilidade e Atuária da FEA/USP
Rua Prof. Luciano Gualberto, 908 – FEA 3 – sala 10
e-mail: editron@uol.com.br
Mestranda

RESUMO

A identificação e mensuração das variáveis de incerteza nas tomadas de decisão das empresas vem adquirindo cada vez maior importância na otimização do processo gerencial, característica da função do *controller*. A Teoria da Decisão, antes restrita a processos repetitivos de engenharia industrial, vem evoluindo através de contribuições interdisciplinares, possibilitando hoje a aplicação de métodos quantitativos às decisões mais abrangentes da alta gestão das empresas. Neste artigo, uma empresa hipotética busca uma decisão estratégica seguindo as diversas fases do processo de decisão. São aplicadas primeiramente variáveis determinísticas, segundo os critérios Maximax, Maximin e Minimax. A seguir, são atribuídas probabilidades subjetivas a essas variáveis e é aplicada a técnica de simulação de Monte Carlo. Finalmente a preferência do decisor em relação ao risco é determinada pela aplicação do critério de utilidade, o que permite à empresa a escolha da melhor alternativa para uma decisão consistente.

Área Temática: Custos e Tomada de Decisões: Modelos e Experiências

CONTROLADORIA: MENSURAÇÃO EM DECISÕES COM INCERTEZA

1 – INTRODUÇÃO

Num célebre artigo publicado em 1971, intitulado *The Accounting Discipline in 1999*, Charles Horngren previu que o processo de decisão seria o foco principal da Contabilidade no final deste século (Horngren, 1971, p.7).

Ao prognosticar para as três décadas seguintes, que o trabalho interdisciplinar faria convergir Contabilidade e Teoria da Decisão, o autor transferiu ao contador do presente o papel de previsor de decisões e de ações futuras, que ele mesmo desempenha no seu artigo. “O Contador deve prever as relações entre o sistema de informação, as previsões do tomador de decisão, o processo de escolha da ação e os eventos que ocorrerão” (id, p.8).

O que talvez nem Horngren, nem qualquer outro, poderia antever em 1971, é o grau de concretização de suas previsões: a importância crucial que o processo de decisão nas empresas viria a ter no ambiente de mudanças contínuas, profundas e globais de 1999 e os crescentes fatores de incerteza envolvidos nessas decisões.

Nesse ambiente, as lacunas sempre existentes de conhecimento e informação, os paradigmas e horizontes de previsibilidade em contínuo movimento e a importância crescente dos impactos psicológicos, ambientais e sócio-políticos, representam dificuldades do processo de decisão, para cuja superação cabe ao contador de hoje contribuir.

Particularmente ao *controller*, em seu papel de otimizador dos processos gerenciais (Catelli, 1998; Guerreiro *et alii*, 1997), compete o desenvolvimento e a aplicação de métodos confiáveis e exequíveis de identificação, mensuração e análise dessas variáveis de incerteza na tomada de decisão.

Até que ponto é possível mensurar a incerteza e o comportamento humano nas decisões empresariais é um problema longe de estar resolvido, que se manifesta nos trabalhos sobre Teoria da Decisão.

Assim, todo esforço para unir o quantitativo e o imponderável desperta um sentimento de descoberta que, neste ano de passagem de milênio, ganha significado especial, diante da visão de Horngren para 1999:

Alguns modelos matemáticos haviam tentado incorporar explicitamente as considerações comportamentais (por exemplo, aplicando a Teoria da Utilidade ou adicionando restrições de comportamento). Tais foram os primeiros passos admiráveis de uma grande jornada. No ano de 1999 a fronteira nessa direção terá sido delineada, mas apenas penetrada (Horngren, 1971, p.8).

Este artigo tem por objetivo mostrar a aplicação de alguns métodos quantitativos ao processo de tomada de decisões, em ambiente de incerteza, numa empresa confrontada com alternativas de importância estratégica.

Com base num exemplo concreto, serão progressivamente desenvolvidas as bases teóricas e as aplicações desses métodos. Serão apresentados, inicialmente, alguns critérios simplificados, não probabilísticos, de decisão em incerteza. A seguir serão aplicados a técnica de simulação de Monte Carlo e os procedimentos da Teoria da Utilidade.

2 – A DECISÃO EM INCERTEZA

A busca da racionalidade faz incluir no processo de decisão gerencial os elementos de incerteza que podem afetar o curso das ações decorrentes da decisão e, portanto, o seu resultado. A não inclusão de fatores relevantes, ainda que incertos, pode trazer resultados diversos dos objetivados pela decisão. Ou seja, introduz irracionalidade no processo.

O gestor procura, portanto, sempre decidir de forma lógica, mesmo em situações dinâmicas, complexas e incertas (Matheson & Howard, 1977, p.9).

A lógica do processo de decisão sobre valores, como é o processo gerencial, inclui a mensuração. A aplicação de sistemas de mensuração a alternativas e variáveis de incerteza no processo de decisão é base da moderna Teoria da Decisão.

A mensuração em processos gerenciais evoluiu em várias frentes antes de confluir na Teoria da Decisão. Sua origem se encontra na Administração Científica de Taylor, Gant e Gilbreth. Na II Guerra Mundial, grupos interdisciplinares de Pesquisa Operacional na Inglaterra e nos Estados Unidos desenvolveram sistemas logísticos e táticos para maior eficácia militar. Posteriormente a Análise de Sistemas estudou as interações dinâmicas de situações complexas, particularmente em engenharia. A Teoria Estatística da Decisão desenvolveu métodos de abordagem lógica a situações incertas (Cooke, 1985, p.10; Matheson & Howard, 1977, p.9).

Os estudiosos notam que nessa evolução da Teoria da Decisão, os métodos quantitativos, até os anos 50, foram aplicados predominantemente a processos repetitivos, próprios da engenharia industrial e logística, abrangendo decisões até o nível gerencial médio. Mais recentemente, as decisões da alta gestão passaram a ser tratadas mediante a abordagem interdisciplinar dos problemas gerenciais pela *Management Science* (Anderson *et alii*, 1978, p.1). Ao mesmo tempo o tratamento de situações aleatórias progrediu com o uso intenso da Teoria da Probabilidade “como única teoria consistente da incerteza” (Matheson & Howard, 1977, p.24), uso esse estimulado e ampliado pela evolução da informática.

Este trabalho pretende aplicar alguns procedimentos lógicos, matemáticos e probabilísticos da Teoria da Decisão, em decisões típicas da alta gestão da empresa, que envolvem variáveis aleatórias e a preferência dos decisores em relação ao risco.

Para isso, serão desenvolvidos tanto do ponto de vista teórico como do de sua aplicação à tomada de decisão, os seguintes passos ou fases do processo:

1. Estruturação, que inclui a definição do problema objeto da decisão, identificação e seleção das variáveis relevantes, caracterização das variáveis que dependem do decisor (variáveis de decisão) e das variáveis externas ou que não dependem do mesmo (variáveis de estado) e identificação das alternativas de decisão e seus resultados projetados.
2. Atribuição de valores, com inclusão do conceito de equivalência de capitais no tempo (redução a valor presente).
3. Identificação e mensuração das variáveis determinísticas e probabilísticas e de seus impactos em cada alternativa.
4. Inclusão e mensuração de elementos subjetivos, sobretudo os de preferência e aversão em relação aos riscos envolvidos na decisão.
5. O final desse processo converge num valor numérico resultante das diversas variáveis envolvidas, que possibilita a escolha da melhor alternativa com a clareza e segurança para o decisor (Matheson & Howard, 1977, p.15,22; Corrar, 1998, p.532).

As fases acima não devem ser entendidas de um modo rígido ou simplesmente cronológico, mas sim como momentos lógicos, cujos valores podem variar durante o processo.

No caso do *workshop* da empresa Delta, apresentado a seguir, haverá a oportunidade de se acompanhar as diversas fases acima mencionadas, bem como as bases teóricas dos diversos procedimentos empregados neste processo de decisão.

3 – O WORKSHOP DA EMPRESA DELTA

A questão principal debatida nos últimos meses na alta direção da empresa Delta apontava para a conveniência de um processo de inovação. Diante da abertura econômica e da globalização, a empresa percebia que o mercado sinalizava com novas preferências para novos produtos. A empresa, manufatureira de grande porte, não poderia mais protelar esta decisão. Entretanto quaisquer das alternativas apresentadas envolviam pesada responsabilidade, riscos e incerteza. Por isso a alta gestão convocou um *workshop* com os principais gestores da empresa, na presença de alguns consultores.

O ponto de partida do *workshop* foi um denso relatório sobre o lançamento da nova linha de produtos, contendo os dados de lucratividade estimados para 5 anos, já reduzidos a valor presente, (conforme Quadro 1) e que terminava com a apresentação das seguintes Estratégias:

- 1ª Estratégia:** Inovar na linha de produtos com foco no mercado nacional, atendendo aos níveis de qualidade, sistemas de distribuição e logística, assistência técnica e de pós-venda próprios desse mercado (sem excluir, é claro, algum atendimento ao mercado externo).
- 2ª Estratégia:** Inovar, lançando um produto mundial, com características e especificações próprias do mercado global e com nova abordagem das técnicas de logística, marketing, vendas, distribuição, e pós-venda (incluindo, é claro, o mercado nacional).
- 3ª Estratégia:** Não inovar, mantendo a linha atual de produtos, que garantem faturamento e lucro expressivo, apesar das sinalizações do mercado demandando inovação. (Talvez no futuro vender a empresa a um dos muitos pretendentes).

**Quadro 1: Lucros Projetados para o Período de 2000 a 2005
(Descontados a Valor Presente)**

(em milhões de \$)

| ESTRATÉGIAS DE DECISÃO | GRAU DE ACETAÇÃO DO PRODUTO | | |
|---|-----------------------------|-------|--------|
| | Pequena | Média | Grande |
| Estratégia 1: Inovar com foco no mercado nacional | 3 | 6 | 12 |
| Estratégia 2: Inovar com foco no mercado global | 2.5 | 37,5 | 60 |
| Estratégia 3. Não inovar | 0 | 0 | 0 |

No *workshop*, um dos diretores sugeriu a apreciação das estratégias pelos chamados **critérios simplificados de decisão sob incerteza**.

Tais critérios, como o **Maximax**, **Maximin** e o **Minimax** são empregados para decisão em incerteza sem uso de probabilidades (Cooke, p.1985, 326ss; Anderson et alii, 1978, p.84 e Andrade, 1989, p.265ss).

O critério **Maximax** se baseia numa consideração otimista do decisor. A suposição é que ocorrerá o melhor resultado possível, devendo ser escolhida, entre as diversas Estratégias, a que apresente o lucro máximo. Este critério indica como melhor a Estratégia 2, que apresenta o lucro máximo de \$ 60 milhões.

Já o critério de decisão **Maximin** é uma abordagem pessimista ou conservadora, que supõe que ocorram as piores hipóteses, escolhendo-se entre essas a melhor. É a maximização do lucro mínimo. Por este critério a Estratégia 1, com o maior lucro mínimo (\$ 3 milhões), foi a indicada.

Pelo critério da oportunidade máxima que se pode perder, chamado **Minimax**, ou de Savage, determinam-se as perdas máximas que poderiam ocorrer em cada estado de natureza ou cenário, obtendo-se a diferença entre o máximo lucro e os outros valores do evento. Escolhe-se a alternativa que minimiza a perda de oportunidade máxima.

Por esse critério a Estratégia 2 foi escolhida como melhor, já que a oportunidade máxima perdida nessa estratégia é a menor (0,5, contra 48 da Estratégia 1 e 60 da Estratégia 3), como mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Minimax

| ESTRATÉGIAS DE DECISÃO | GRAU DE ACEITAÇÃO DO PRODUTO | | |
|------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|
| | Pequena | Média | Grande |
| Estratégia 1: | $3 - 3 = 0$ | $37,5 - 6 = 31,5$ | $60 - 12 = 48$ |
| Estratégia 2: | $3 - 2,5 = 0,5$ | $37,5 - 37,5 = 0$ | $60 - 60 = 0$ |
| Estratégia 3: | $3 - 0 = 3$ | $37,5 - 0 = 37,5$ | $60 - 0 = 60$ |

A combinação dos resultados dos três critérios apontava para a Estratégia 2, escolhida pelos critérios Maximax e Minimax.

Entretanto, os resultados desses critérios simplificados mostraram-se insatisfatórios. Vários argumentaram que os dados finais do relatório eram demasiado concisos e simplistas, sendo necessário desmembrá-los para evitar o risco de uma decisão superficial e temerária.

Compulsando o relatório, constatou-se que os dados componentes do resultado final estavam assim discriminados:

Quadro 3: Lucros Projetados para o Período de 2000 a 2005
(Cenários Macroeconômicos e Graus de Aceitação do Produto)
(em milhões de \$)

| ESTRATÉGIAS DE DECISÃO | CENÁRIOS MACROECONÔMICOS | GRAU DE ACEITAÇÃO DO PRODUTO | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|-------|--------|
| | | Pequena | Média | Grande |
| Estratégia 1: | pessimista | - 4 | 0 | 8 |
| | otimista | 10 | 12 | 16 |
| Estratégia 2: | pessimista | -20 | 17 | 20 |
| | otimista | 25 | 50 | 100 |

Uma vez que os dados acima não incluíam as chances de ocorrência das projeções de aceitação do novo produto, foi apontada a necessidade de se atribuir a esses valores medidas de probabilidade.

Tais probabilidades foram atribuídas a partir dos dados disponibilizados pela diretoria de *marketing* da empresa e utilizando-se várias técnicas de estimativa e ponderação em grupo¹ durante o *workshop*, chegando-se aos valores apresentados nos Quadros 4 a 7. Cada quadro é seguido do **valor esperado** (média ponderada dos valores de lucro pelas suas respectivas probabilidades).

Quadro 4: Estratégia 1 – Cenário Pessimista

| | GRAU DE ACEITAÇÃO DO PRODUTO | | |
|--------------------|------------------------------|-------|--------|
| | Pequena | Média | Grande |
| Probabilidades | 20% | 50% | 30% |
| Lucro (\$ milhões) | - 4 | 0 | 8 |

$$\text{Valor esperado} = (- 4 \times 0,2) + (0 \times 0,5) + (8 \times 0,3) = \$ 1,6 \text{ milhões}$$

Quadro 5: Estratégia 1 – Cenário Otimista

| | GRAU DE ACEITAÇÃO DO PRODUTO | | |
|--------------------|------------------------------|-------|--------|
| | Pequena | Média | Grande |
| Probabilidades | 25% | 40% | 35% |
| Lucro (\$ milhões) | 10 | 12 | 16 |

$$\text{Valor Esperado} = (10 \times 0,25) + (12 \times 0,4) + (16 \times 0,35) = \$ 12,9 \text{ milhões}$$

$$\text{Valor Esperado (Estratégia 1)} = (1,6 + 12,9)/2 = \$ 7,25 \text{ milhões}$$

Quadro 6: Estratégia 2 – Cenário Pessimista

| | GRAU DE ACEITAÇÃO DO PRODUTO | | | | |
|--------------------|------------------------------|-------|-----|-----|--------|
| | Pequena | Média | | | Grande |
| Probabilidades | 30% | 10% | 15% | 25% | 20% |
| Lucro (\$ milhões) | -20 | 0 | 5 | 12 | 20 |

$$\begin{aligned} \text{Valor Esperado} &= (-20 \times 0,3) + (0 \times 0,1) + (5 \times 0,15) + (12 \times 0,25) + (20 \times 0,2) \\ &= \$ 1,75 \text{ milhões} \end{aligned}$$

Quadro 7: Estratégia 2 – Cenário Otimista

| | GRAU DE ACEITAÇÃO DO PRODUTO | | |
|--------------------|------------------------------|-------|--------|
| | Pequena | Média | Grande |
| Probabilidades | 25% | 40% | 35% |
| Lucro (\$ milhões) | 25 | 50 | 100 |

$$\text{Valor Esperado} = (25 \times 0,25) + (50 \times 0,4) + (100 \times 0,35) = \$ 61,25 \text{ milhões}$$

$$\text{Valor Esperado (Estratégia 2)} = \$ 30,63 \text{ milhões}$$

Ao mesmo tempo, várias vezes se levantaram, argumentando que pouco adiantaria atribuir as probabilidades acima ou conhecer os seus respectivos valores esperados sem antes medir as possibilidades de ocorrência dos cenários macroeconômicos otimista e pessimista, contidos no relatório.

O processo de atribuição de probabilidades aos cenários macroeconômicos foi feito após esclarecedora intervenção de um dos membros do conselho da administração. Esse economista reconhecido identificou sob o conceito de “pessimismo” e “otimismo” no mercado nacional a variável “juros” com as designações alternativas de “juros

¹ Diversas dessas técnicas são tratadas por Raiffa (1977, p.260-279).

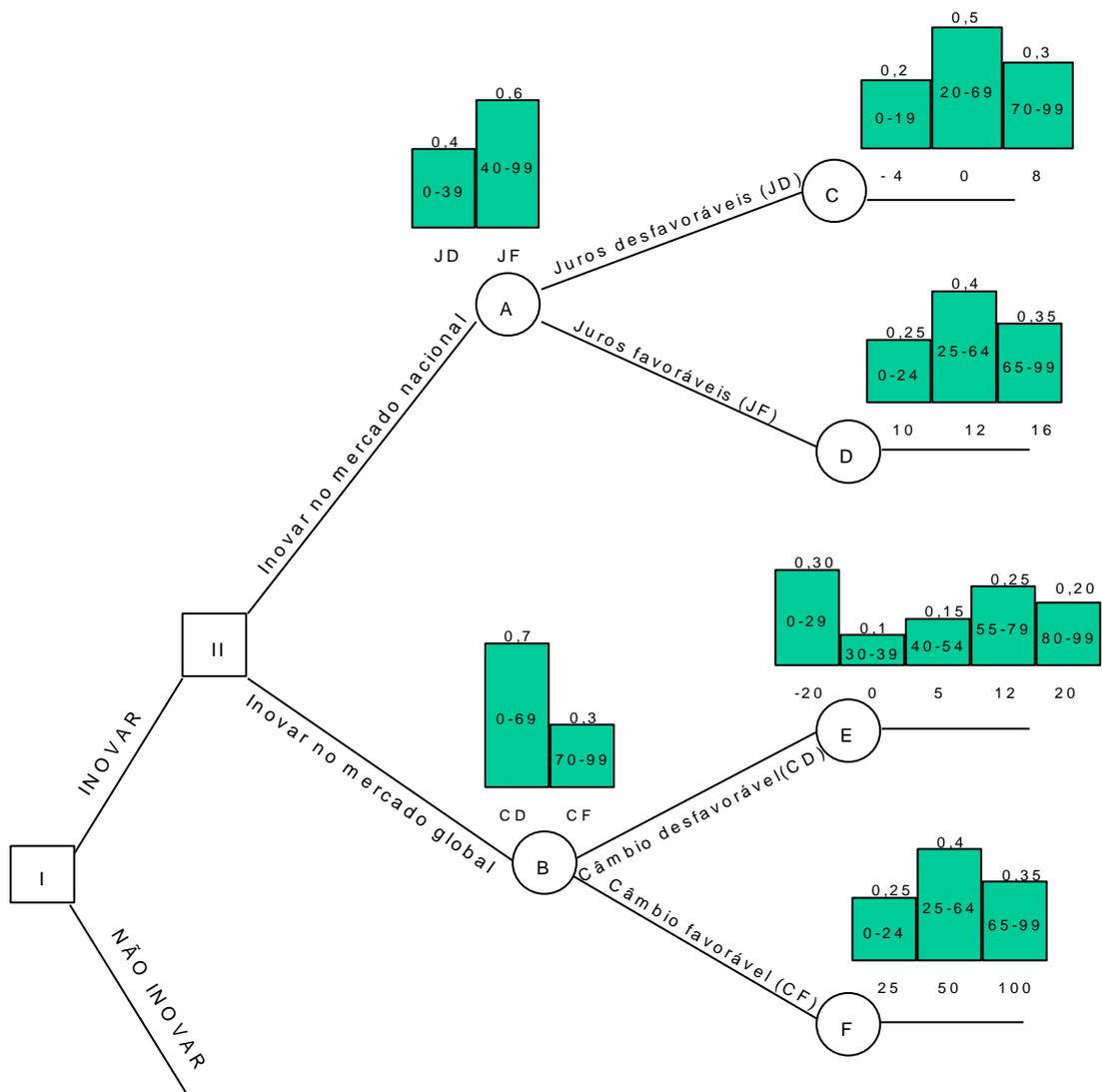
desfavoráveis” (juros elevados, que causam retração) e “juros favoráveis” (juros baixos, que estimulam a expansão econômica). Em relação ao mercado global, o mesmo economista identificou que, para efeitos dessa decisão, as hipóteses de “pessimismo” e “otimismo” poderiam ser melhor expressas pela variável “câmbio” com as designações alternativas “câmbio desfavorável” e “câmbio favorável”, considerando que, numa cesta internacional de moedas, um valor relativo baixo da moeda nacional incrementaria a penetração do novo produto no mercado global, ocorrendo o contrário no caso de valorização da moeda nacional.

Assim, foram atribuídas as seguintes probabilidades de ocorrência dessas variáveis:

- no mercado nacional, 40% de probabilidade de juros desfavoráveis e 60% de juros favoráveis;
- no mercado internacional, 70% de probabilidade de ocorrência de câmbio desfavorável contra 30% de probabilidade de câmbio favorável.

Combinando-se essas variáveis macroeconômicas com as variáveis da aceitação do produto em cada uma das Estratégias nos Quadros 4 a 7 acima, elaborou-se a seguinte árvore de decisão.

ÁRVORE DE DECISÃO



Na árvore de decisão, os nós em forma de quadrado representam variáveis de decisão e os nós em forma de círculo representam as variáveis de estado (variáveis ambientais) de caráter aleatório ou probabilístico. Acima de cada nó probabilístico encontram-se os respectivos histogramas com os valores de probabilidade acima das barras e os valores dos lucros respectivos, abaixo das barras. Os ramos da árvore representam e identificam as alternativas (Andrade, 1989, p.280ss).

É de notar que a aleatoriedade das variáveis macroeconômicas (como variáveis condicionantes), que emanam dos nós A e B da árvore de decisão, impacta a aleatoriedade das respectivas variáveis de aceitação do produto (como variáveis condicionadas). Constitui-se desse modo uma relação de dependência entre variáveis C e D em relação a A e entre as variáveis E e F com relação a B (Shamblin & Stevens, 1989 p.183ss; Corrar, 1998, p.543). Assim, por exemplo, a probabilidade de ocorrência de juros não favoráveis (40%) impacta aleatoriamente as probabilidades de ocorrência dos valores de lucro nos cenários de pequena (20%), média (50%) e grande (30%) aceitação do produto do nó C. O mesmo ocorre com os outros nós aleatórios.

Para a tomada de decisão a questão que se coloca é portanto: como mensurar a influência aleatória das variáveis probabilísticas condicionantes e condicionadas no valor dos lucros projetados? Ou, como mensurar a dependência entre variáveis aleatórias?

Essa mensuração pode ser obtida mediante a técnica de simulação denominada Método de Monte Carlo.

3.2 O MÉTODO DE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

O método de Monte Carlo é um tipo especial de simulação utilizada em modelos que envolvem eventos probabilísticos.

Como técnica de simulação utilizada na solução de problemas probabilísticos, o método de Monte Carlo processa os dados amostrais das distribuições de probabilidades das variáveis de entrada através de um processo aleatório, obtendo-se como saída as distribuições de probabilidades da variável resultante. O processo aleatório utilizado consiste em obter uma série de números aleatórios (como seria o girar de uma roleta, ou lançamento de dados, daí o nome Monte Carlo) para selecionar os valores de cada variável em cada tentativa (Corrar, 1992, p. 90-102 e 1998, p.533).

Assim, a atribuição de 100 números aleatórios (de 0 a 99) à variável “juros” (40% para juros desfavoráveis e 60% para juros favoráveis) acima, gera um intervalo de 40 números aleatórios (de 0 a 39), correspondentes à probabilidade de “juros desfavoráveis” de 40%, e 60 números (de 40 a 99) correspondentes à probabilidade de 60% de “juros favoráveis”. Se num experimento ocorrer o número aleatório 27, por exemplo, este corresponderá a “juros desfavoráveis”. Se ocorrer o número aleatório 83, corresponderá a “juros favoráveis”.

Na árvore de decisão acima, para efeito da simulação de Monte Carlo, o intervalo de números aleatórios consta dentro de cada barra dos histogramas.

Dentro dos limites de tempo do *workshop*, foram realizados por computador 100 experimentos de simulação pelo Método de Monte Carlo.

O resultado dos 10 primeiros experimentos para o nó A e seus condicionados C e D e para o nó B e seus condicionados E e F na árvore acima são apresentados respectivamente nos Quadros 8 e 9.

Quadro 8: Resultado da Simulação para os nós A, C e D

| Nº do experimento | Nº aleatório para nó A | Ocorrência de Juros | Nº aleatório para C | Lucro para C | Nº aleatório para D | Lucro para D | Lucro Estrat. 1 |
|-------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|-----------------|
| 1 | 75 | D | | | 87 | 16 | 16 |
| 2 | 24 | C | 77 | 8 | | | 8 |
| 3 | 25 | C | 96 | 8 | | | 8 |
| 4 | 72 | D | | | 94 | 16 | 16 |
| 5 | 2 | C | 87 | 8 | | | 8 |
| 6 | 93 | D | | | 11 | 10 | 10 |
| 7 | 97 | D | | | 28 | 12 | 12 |
| 8 | 13 | C | 84 | 8 | | | 8 |
| 9 | 4 | C | 93 | 8 | | | 8 |
| 10 | 80 | D | | | 99 | 16 | 16 |

Quadro 9: Resultado da Simulação para os nós B, E e F

| Nº do experimento | Nº aleatório para nó B | Ocorrência de Câmbio | Nº aleatório para E | Lucro para E | Nº aleatório para F | Lucro para F | Lucro Estrat. 2 |
|-------------------|------------------------|----------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|-----------------|
| 1 | 79 | E | 51 | 5 | | | 5 |
| 2 | 4 | F | | | 82 | 100 | 100 |
| 3 | 40 | E | 60 | 12 | | | 12 |
| 4 | 16 | F | | | 88 | 100 | 100 |
| 5 | 87 | E | 79 | 12 | | | 12 |
| 6 | 63 | E | 82 | 20 | | | 20 |
| 7 | 72 | E | 4 | -20 | | | -20 |
| 8 | 67 | E | 43 | 5 | | | 5 |
| 9 | 74 | E | 45 | 5 | | | 5 |
| 10 | 11 | F | | | 15 | 25 | 25 |

No Quadro 8, por exemplo, o experimento 7 gerou para o nó A o número aleatório 97. Uma vez que este número está incluído no intervalo de 40 a 99, correspondente à probabilidade de 60% de ocorrência de juros favoráveis, o nó condicionado respectivo é o nó D. Por sua vez, a geração de números aleatórios para o nó D neste experimento fez ocorrer o número 11. Este está incluído no intervalo de 0 a 24, correspondente à probabilidade de 25% de ocorrência do lucro \$ 10 milhões. Portanto, esse experimento inclui na Estratégia 1 (Inovar Nacional) este valor \$10 milhões de lucro. O mesmo procedimento é realizado em todos os experimentos.

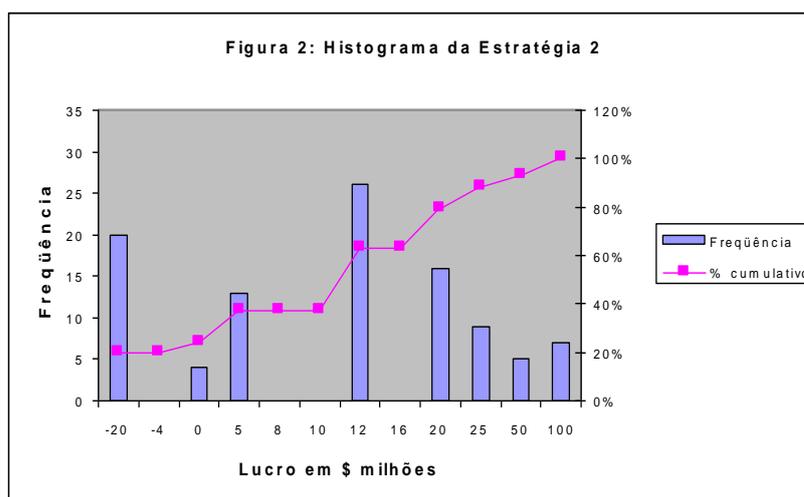
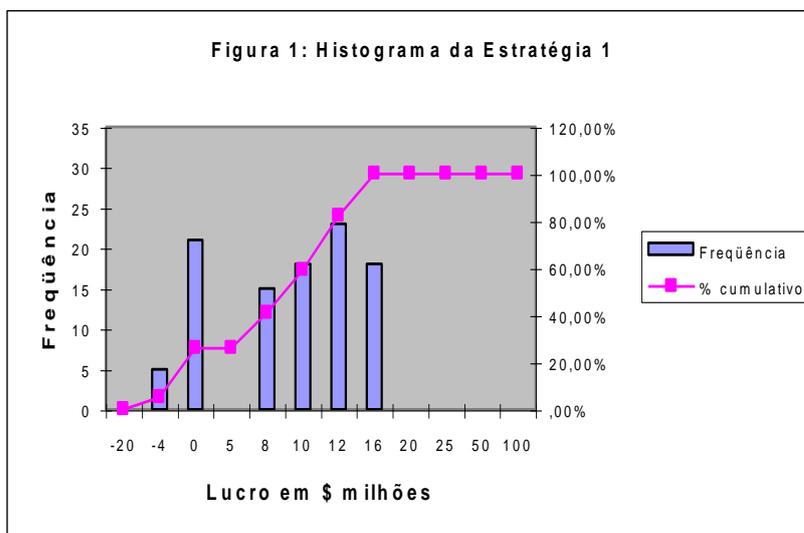
Computando-se o total dos 100 experimentos realizados, chega-se às distribuições de probabilidade de lucro para as Estratégias 1 e 2, e respectivos histogramas combinados (que incluem frequências absolutas e frequências relativas acumuladas) conforme consta dos Quadros 10 e 11 e Figuras 1 e 2.

Quadro 10: Estratégia 1 - Distribuição de Probabilidades do Lucro

| <i>Lucro</i> | <i>Frequência</i> | <i>% cumulativo</i> |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| -4 | 5 | 5% |
| 0 | 21 | 26% |
| 8 | 15 | 41% |
| 10 | 18 | 59% |
| 12 | 23 | 82% |
| 16 | 18 | 100% |
| Valor Monetário Esperado (média) | | \$ 8 mi |
| Desvio Padrão | | \$ 6 mi |

Quadro 11: Estratégia 2 - Distribuição de Probabilidades do Lucro

| <i>Lucro</i> | <i>Frequência</i> | <i>% cumulativo</i> |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| -20 | 20 | 20% |
| 0 | 4 | 24% |
| 5 | 13 | 37% |
| 12 | 26 | 63% |
| 20 | 16 | 79% |
| 25 | 9 | 88% |
| 50 | 5 | 93% |
| 100 | 7 | 100% |
| Valor Monetário Esperado (média) | | \$ 15 mi |
| Desvio Padrão | | \$ 29 mi |



Como apresentado nos Quadros 10 e 11, a simulação de Monte Carlo permite a obtenção da média de lucros ponderada pelas respectivas probabilidades de ocorrência das variáveis macroeconômicas e de aceitação do novo produto. Essa média representa o valor monetário esperado de lucro, levando-se em consideração as probabilidades de ocorrência de todos os cenários envolvidos em cada estratégia.

Assim, a Estratégia 1 apresenta um valor esperado de lucro de \$ 8 milhões, com desvio padrão de \$ 6 milhões, já consideradas as implicações dos juros favoráveis ou desfavoráveis e as implicações de aceitação pequena, média ou grande do novo produto no mercado.

Do mesmo modo, a Estratégia 2 apresenta um valor esperado de lucro de \$ 15 milhões e desvio padrão de \$ 29 milhões, já computadas as influências do câmbio favorável ou desfavorável, bem como da aceitação do novo produto.

Os participantes do *workshop* notaram imediatamente que a aplicação do método de Monte Carlo fora de importância inquestionável para esclarecer a verdadeira natureza – probabilística – das variáveis envolvidas na decisão, possibilitando, ainda, mensurar o impacto da dependência entre variáveis aleatórias no resultado.

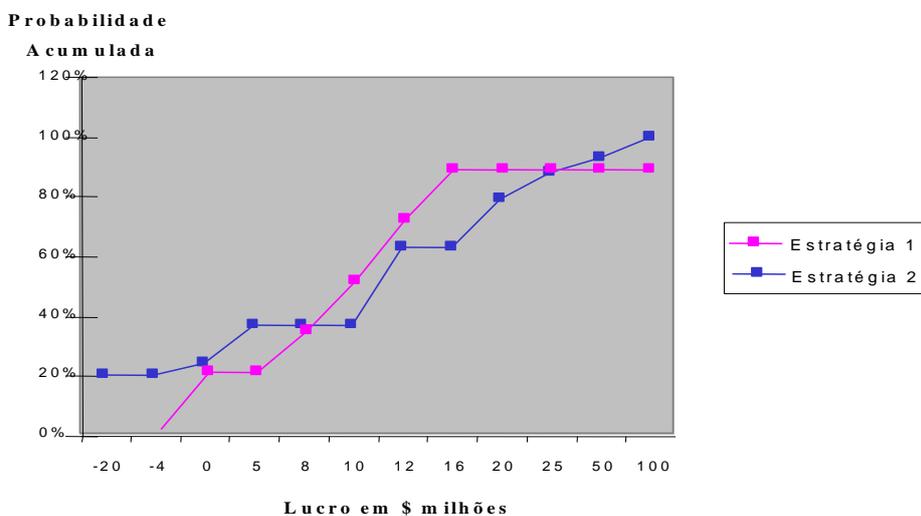
Os resultados da simulação mostraram que as diferenças que pareciam óbvias entre os lucros das duas estratégias não eram tão evidentes. As probabilidades de ocorrência de lucros nos diversos cenários de aceitação do novo produto haviam sido significativamente afetadas pelas probabilidades das variáveis macroeconômicas. Sobretudo a estimativa de 70% de probabilidade de ocorrência de câmbio desfavorável havia diminuído expressivamente os lucros esperados para a Estratégia 2.

Além disso, a Estratégia 2, embora mostrando um lucro médio bastante superior ao da Estratégia 1 (15 contra 8 milhões), também apresentava um desvio-padrão bastante elevado, (29 contra 6 milhões) denotando um grande risco de não ocorrência desse lucro.

Assim, mesmo reconhecendo a importância da simulação de Monte Carlo e os progressos na avaliação das variáveis relevantes para a decisão, os participantes do *workshop* ainda não se sentiam em condições de tomar a decisão. Parecia não haver predominância clara e inequívoca de uma das estratégias para levar a uma escolha de tal implicação.

Isso ficou demonstrado pela superposição das duas funções de probabilidade acumulada, (conforme a Figura 3) cujas curvas se cruzaram em pelo menos 2 pontos. Isto indicou que havia intervalos de ocorrências de lucros em que uma das duas estratégias era mais vantajosa que a outra e vice-versa. Ou seja, nenhuma das duas estratégias era estocasticamente dominante.

Figura 3: Ausência de Dominância Estocástica



Tecnicamente, quando os valores de probabilidade acumulada de uma função A são iguais ou superiores aos de outra função B em qualquer dos seus pontos e superiores aos de B em pelo menos um ponto, diz-se que a função A apresenta dominância estocástica sobre a função B (Matheson & Howard, 1977, 19). Tal não ocorreu entre as Estratégias 1 e 2, objeto da decisão.

3.3 O CRITÉRIO DA UTILIDADE: PREFERÊNCIA DO DECISOR EM RELAÇÃO AO RISCO

Não havendo dominância estocástica de uma estratégia sobre a outra, surge a necessidade de se incluir no processo de decisão a avaliação da preferência do decisor em relação ao risco. Assim, um decisor averso ao risco preferirá maximizar as chances de ganhar pelo menos um pouco, evitando a estratégia de maior risco. O decisor propenso ao risco escolherá a estratégia que maximize o lucro, mesmo incorrendo em riscos maiores (id. p.20).

Num procedimento probabilístico, a mensuração da preferência do decisor em relação ao risco se dá a partir do conceito e da determinação da **utilidade**.

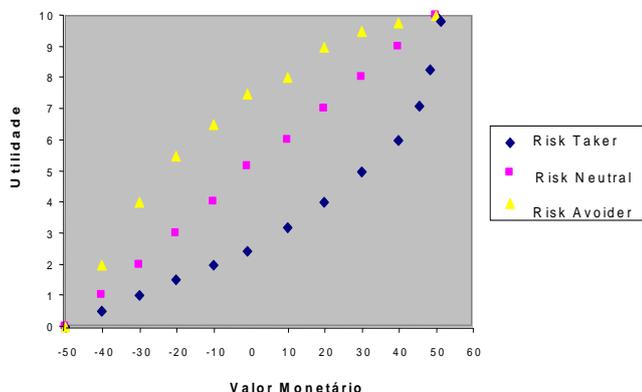
A **utilidade** é uma medida do valor de determinado ganho que exprime a atitude do tomador de decisão diante de um conjunto de fatores como lucro, perda e risco (Anderson et alii, 1978, p.146). Por exemplo, se tenho \$1.000 garantidos para receber, a utilidade deste ganho para mim diminui se, com isso, estou deixando de ganhar \$5.000 ou corro o risco de perder \$500.

Assim, a utilidade significa a percepção do valor real de um ganho do ponto de vista único e individual do decisor (Cooke, 1985, p. 350).

Para ganhos situados num intervalo considerado razoável para o decisor, o valor monetário esperado desse retorno é normalmente um bom critério de decisão. Contudo, em caso de ganhos ou perdas extremos, o valor monetário não satisfaz plenamente e é necessário mensurar o valor que tem para o decisor o risco ou a possibilidade de perder contra o ganho esperado (Anderson et alii, 1978, p.147).

A utilidade do dinheiro é analisada pelos estudiosos mediante a comparação das três funções apresentadas na Figura 4. À medida que o valor monetário cresce, sua utilidade para todo decisor também cresce. Por isso, as funções de utilidade são sempre crescentes. Mas, a atitude das pessoas em relação a esse acréscimo e o modo como tendem a aplicá-lo diante do risco muda conforme as características de cada indivíduo.

Figura 4: Curvas de Utilidade



Na figura, as 3 funções exprimem três atitudes: a do avesso ao risco (*risk avoider*, que corre proporcionalmente menos riscos à medida que o valor monetário

crece), a do propenso ao risco (*risk taker*, que corre proporcionalmente mais riscos à medida que o valor monetário cresce) e a do neutro em relação ao risco (*risk neutral*, que corre proporcionalmente os mesmos riscos à medida que o valor monetário cresce).

3.3.1 MENSURAÇÃO DA UTILIDADE

Para se mensurar a utilidade, para um decisor, de uma série de valores monetários, seguem-se os seguintes passos (Anderson *et alii*, 1978, p.153s):

1. Tomar os valores monetários das alternativas sobre as quais se vai decidir e formar com eles uma planilha.

Essas alternativas são, por exemplo:

Quadro 11: Probabilidades de Resultado por Alternativa

| | Probabilidade | |
|----------------------------|---------------|------|
| | 20% | 80% |
| Resultado na Alternativa R | - \$50 | \$40 |
| Resultado na Alternativa S | \$50 | \$30 |

Valor Monetário Esperado (VME):

$$\text{VME(R)} = (-50 \times 0,2) + 40 \times 0,8 = \$ 22$$

$$\text{VME(S)} = (50 \times 0,2) + (30 \times 0,8) = \$ 14$$

2. Atribuir valores de utilidade para o decisor correspondentes aos valores monetários máximo (\$ 50) e mínimo (- \$50) da planilha. Geralmente o valor monetário máximo recebe o valor de utilidade 10 e o valor monetário mínimo recebe o valor de utilidade 0. Podem ser atribuídas outras escalas de utilidade².
3. Para cada valor monetário M da planilha, por exemplo \$30, é determinado o respectivo valor de utilidade pelo seguinte método:

Define-se o seguinte tipo de jogo ou loteria: o decisor deve escolher uma probabilidade p pela qual lhe seria indiferente arriscar o valor certo de M, no caso \$ 30, para jogar, podendo ganhar o valor monetário máximo, \$ 50, com essa probabilidade p , ou perder o valor monetário mínimo, - \$50, com a probabilidade $(1 - p)$.

Suponhamos que o decisor tenha atribuído a p o valor de 85%.

A utilidade do valor monetário M (ou seja, \$30) para o decisor é calculada pela soma entre o produto da probabilidade p pela utilidade do valor máximo e o produto da probabilidade $(1 - p)$ pela utilidade do valor mínimo. No nosso exemplo a utilidade de \$ 30 será:

$$U(\$30) = p U(\$50) + (1 - p) U(-\$50) = (0,85 \times 10) + (0,15 \times 0) = 8,5$$

Obtida a utilidade, pode-se calcular o valor monetário esperado de loteria (VME loteria) referente a qualquer valor da planilha. Assim, por exemplo o VME(loteria) de \$30 é:

$$\text{VME(loteria)}(\$30) = (0,85 \times \$50) + (0,15 \times -\$50) = \$35$$

² Se a escala de utilidade não fosse 0 a 10, mas, por exemplo, de 10 a 100, a conta seria efetuada de modo equivalente:

$$U(\$30) = p U(\$50) + (1 - p) U(-\$50) = (0,85 \times 100) + (0,15 \times 10) = 86,50$$

Isso significa que o decisor preferiria ter \$30 garantidos do que arriscar numa loteria com valor esperado de \$35. Ou que ele não arriscaria \$30 pela perspectiva de ganhar \$50 se a probabilidade de perder \$50 fosse maior ou igual a 5%. A diferença $\$35 - \$30 = \$5$ é considerada o prêmio pelo risco da loteria (Anderson *et alii*, 1978, p.150).

O valor de utilidade de \$40 é calculado da mesma forma (supõe-se, por exemplo, que a sua utilidade seja 9,5 (probabilidade de indiferença de 95%). O VME(loteria) de \$40 será, portanto, $(\$0,95 \times 50) + (0,05 \times -50) = \45 .

4. Converter toda a planilha de valores monetários para valores de utilidade e retornar esses valores para as respectivas alternativas de onde provieram.

Quadro 12: Tabela de Utilidades

| | Probabilidade | |
|----------------------------|---------------|-----|
| | 20% | 80% |
| Resultado na Alternativa R | 0 | 9,5 |
| Resultado na Alternativa S | 10 | 8,5 |

5. Ponderar esses valores de utilidade em cada alternativa pelas suas respectivas probabilidades de ocorrência, obtendo assim a **utilidade esperada** de cada alternativa.
Deve ser escolhida a alternativa que apresentar a maior utilidade esperada.

$$UE(R) = (0 \times 0,2) + (9,5 \times 0,8) = 7,6$$

$$UE(S) = (10 \times 0,2) + (8,5 \times 0,8) = 8,8$$

6. Deve ser escolhida a alternativa que apresentar a maior utilidade esperada; no caso, a Alternativa S, cuja utilidade esperada é de 8,8 (contra 7,6 da Alternativa R).

Comparando-se as utilidades esperadas (EU) acima com os valores monetários esperados (VME), abaixo do Quadro 11 [VME(R) = 22 e VME(S) = 14] nota-se que a mensuração das utilidades esperadas provocou uma mudança de decisão (antes pela Alternativa R, agora pela Alternativa S), uma vez que estas incluíram as preferências do decisor em relação ao risco (neste caso, aversão ao risco).

Isso é confirmado pela determinação do equivalente monetário da utilidade esperada, o VME (loteria) ou VME_L de cada alternativa, conforme Quadro 13.

Matheson & Howard (1978, p.20) notam que a utilidade esperada não tem um valor intuitivo e, por isso, consideram útil esse retorno aos valores monetários da planilha, através do cálculo do Valor Monetário Esperado de Loteria³.

³ Matheson & Howard (1978, p.20) denominam o Valor Monetário Esperado de Loteria de cada alternativa de decisão de “Certain Equivalent Worth”, cuja tradução poderia ser “Valor Certo de Equivalência”. Aqui será mantida a terminologia Valor Monetário Esperado de Loteria -VME_L.

Para isso, tomam-se os VME_L de cada valor na planilha (os valores extremos são idênticos aos respectivos VME) e ponderam-se esses valores pelas respectivas probabilidades de ocorrência.

Quadro 13: Tabela de Equivalência Monetária da Utilidade

| | Probabilidade | |
|----------------------------|---------------|------|
| | 20% | 80% |
| Resultado na Alternativa R | -\$50 | \$45 |
| Resultado na Alternativa S | \$50 | \$35 |

Determinação do VME_L de cada alternativa:

$$VME_L (R) = (-\$50 \times 0,2) + (\$45 \times 0,8) = \$ 26$$

$$VME_L (S) = (\$50 \times 0,2) + (\$35 \times 0,8) = \$ 38$$

A comparação dos Valores Monetários de Loteria confirma a Alternativa S como escolhida.

Essa técnica mostra que, para uma pessoa que apresenta aversão ao risco, como é a maioria dos decisores racionais, o valor monetário esperado (“puro”) não é um bom parâmetro de decisão. O parâmetro é a utilidade do valor monetário, ou seja, a utilidade esperada.

Por isso, toda estratégia racional visa obter o valor máximo de utilidade e esta constitui “a regra ideal de decisão” (Cooke, 1985, p. 352).

3.3.2 A DETERMINAÇÃO DA UTILIDADE MÁXIMA: A DECISÃO

A determinação da maior utilidade esperada, conforme os passos acima descritos, é o que buscavam os participantes do *workshop* como um parâmetro, formalizado e mensurado, de decisão, que incluísse não apenas os valores monetários e probabilísticos das alternativas, mas também a atitude dos decisores em relação ao risco.

Assim, tomando-se os valores obtidos após a simulação de Monte Carlo, procurou-se determinar as utilidades esperadas de cada estratégia. Na comparação dessas utilidades das estratégias, incluiu-se a Estratégia 3, pelo seu valor de utilidade esperada.

A planilha dos valores monetários das 3 estratégias com as respectivas probabilidades p de indiferença e a respectiva escala de utilidades (na qual o Presidente da empresa Delta atribuiu 10 para \$ 100 milhões e 0 para – \$ 20 milhões), é apresentada no Quadro 14. Note-se que os valores de indiferença (e os respectivos valores de utilidade) não apresentam uma escala proporcional. Isso significa que normalmente a percepção do decisor em relação a cada valor monetário objeto da loteria varia de um modo não constante. Tal só não ocorre quando o decisor é um *risk neutral*.

O Valor Monetário Esperado de Loteria (VME_L) correspondente a cada valor monetário é apresentado na última coluna da direita.

Quadro 14: Planilha, Escala de Utilidade e VME_L

| Valor Monetário | Valor de Indiferença de p | Valor de Utilidade | Valor Monetário Esperado de Loteria |
|-----------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| \$100 mi | não se aplica | 10 | \$100 mi |
| \$50 mi | 0,85 | 8,5 | \$82 mi |
| \$25 mi | 0,75 | 7,5 | \$70 mi |
| \$20 mi | 0,7 | 7 | \$64 mi |
| \$16 mi | 0,65 | 6,5 | \$58 mi |
| \$12 mi | 0,6 | 6 | \$52 mi |
| \$10 mi | 0,55 | 5,5 | \$46 mi |
| \$ 8 mi | 0,52 | 5,2 | \$42,4 mi |
| \$ 5 mi | 0,5 | 5 | \$40 mi |
| 0 | 0,45 | 4,5 | \$34 mi |
| - \$4 mi | 0,35 | 3,5 | \$22 mi |
| - \$20 mi | não se aplica | 0 | - \$20 mi |

A determinação da Utilidade Esperada (EU) de cada Estratégia está apresentada nos Quadros 15, 16 e 17 abaixo.

Nesses mesmos quadros foram acrescentados, na última coluna da direita, os valores monetários de loteria (VME_L) correspondentes a cada valor monetário, bem como o VME_L final de cada estratégia.

Quadro 15: Utilidade Esperada e Valor Monetário Esperado de Loteria - Estratégia 1

| Valor monetário | Probabilidade | Utilidade | VME_L |
|-----------------|---------------|-----------|---|
| - \$ 4 mi | 0,05 | 3,5 | \$ 22 mi |
| \$ 0 | 0,21 | 4,5 | \$ 34 mi |
| \$ 8 mi | 0,15 | 5,2 | \$ 42,4 mi |
| \$ 10 mi | 0,18 | 5,5 | \$ 46 mi |
| \$ 12 mi | 0,23 | 6 | \$ 52 mi |
| \$ 16 mi | 0,18 | 6,5 | \$ 58 mi |
| UE =5,4 | | | $VME_L = \\$ 45,3$ mi |

Quadro 16: Utilidade Esperada e Valor Monetário Esperado de Loteria - Estratégia 2

| Valor Monetário | Probabilidade | Utilidade | VME_L |
|-----------------|---------------|-----------|---|
| - \$ 20 mi | 0,20 | 0 | - \$ 20 mi |
| \$ 0 | 0,04 | 4,5 | \$ 34 mi |
| \$ 5 mi | 0,13 | 5 | \$ 40 mi |
| \$ 12 mi | 0,26 | 6 | \$ 52 mi |
| \$ 20 mi | 0,16 | 7 | \$ 64 mi |
| \$ 25 mi | 0,09 | 7,5 | \$ 70 mi |
| \$ 50 mi | 0,05 | 8,5 | \$ 82 mi |
| \$ 100 mi | 0,07 | 10 | \$100 mi |
| UE = 4,9 | | | $VME_L = \\$ 39,6$ mi |

Quadro 17: Utilidade Esperada e Valor Monetário Esperado de Loteria - Estratégia 3

| Valor Monetário | Probabilidade | Utilidade | VME _L |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------------------------|
| \$ 0 mi | 1 | 4,5 | \$ 34 mi |
| EU = 4,5 | | | EMV_L = \$ 34 mi |

De posse dos valores de utilidade esperada das diversas estratégias, os diretores da Empresa Delta unanimemente concordaram que esses valores exprimiam, dentre toda a informação disponível, as projeções de lucros e suas probabilidades, combinadas com os impactos dos fatores macroeconômicos e suas probabilidades e, ainda, a atitude e as preferências da alta gestão em relação aos riscos envolvidos naquela decisão.

Comparando-se os valores de utilidade esperada das diversas estratégias (Estratégia 1 = 5,4; Estratégia 2 = 4,9 e Estratégia 3 = 4,5), constantes dos Quadros 15, 16 e 17, a empresa optou pela Estratégia 1: Lançar uma nova linha de produtos com foco no mercado nacional, a qual apresentava o maior valor de utilidade esperada.

Como pode ser observado, a inclusão da medida da atitude dos diretores em relação ao risco, deixou claro que a estratégia de lançamento de uma nova linha de produtos global (Estratégia 2), apesar de apresentar o maior Valor Monetário Esperado, era demasiado arriscada para os padrões da empresa.

Isso foi confirmado pela comparação dos VME_L das 3 estratégias: Estratégia 1, \$45,3 milhões; Estratégia 2, \$39,6 milhões e Estratégia 3, \$34 milhões.

Note-se que a Estratégia 3, cujos valores de lucro (sempre zero) não foram considerados nos critérios anteriores, recebeu o valor de utilidade de 4,5, correspondendo ao valor monetário de loteria de \$34 milhões. Isso significa que a Estratégia 3, “Não Inovar”, não estava totalmente excluída pelo decisor, que lhe atribuiu um valor por estar isenta esta estratégia isenta de risco. Note-se, ainda, que a utilidade esperada 4,5 não é distante da utilidade esperada 4,9. Isso significa que, para o decisor, a ponderação das vantagens e riscos envolvidos na inovação global está próxima da ponderação das vantagens e riscos de não inovar.

CONCLUSÃO

A aplicação de métodos quantitativos à análise do processo de decisão em incerteza evoluiu, no *case* apresentado, a partir de dados iniciais propostos de forma determinística para a abordagem progressiva da incerteza.

Primeiramente, foram empregados critérios simplificados de decisão em incerteza, sem atribuição de probabilidades de ocorrência às diversas variáveis. Esses critérios não correspondiam à complexidade da decisão, nem permitiam a identificação da natureza aleatória de algumas variáveis subjacentes aos valores apresentados.

Feita a atribuição de probabilidades, o cálculo do valor esperado médio, além de simplista, ignorava a dependência entre essas variáveis e suas condicionantes macroeconômicas, também de natureza probabilística.

Feita a atribuição de probabilidades às variáveis macroeconômicas condicionantes, aplicou-se a simulação de Monte Carlo, que resultou em novos valores esperados, certamente mais próximos das realidades, objetos da decisão, mas ainda insatisfatórios para uma decisão final, uma vez que não mensurava as preferências do decisor em relação aos riscos envolvidos.

Finalmente aplicou-se a Teoria da Utilidade, fazendo com que o decisor, ao participar de uma loteria virtual, formalizasse suas atitudes em relação aos riscos.

Conseguiu-se, assim, uma regra, uma medida objetiva da percepção subjetiva do decisor, em relação a todas as variáveis apresentadas. Com isso, foram obtidos os valores finais de utilidade esperada que possibilitaram a tomada de decisão de acordo com os dados objetivos, suas probabilidades e dependências aleatórias e com inclusão do sistema subjetivo de valores do decisor.

O Quadro 18 compara os métodos aplicados ao processo de decisão desenvolvido neste trabalho. Em amarelo, as estratégias vitoriosas nos diversos métodos aplicados. Em cinza, e/ou em *itálico*, as características principais dos métodos

Quadro 18: Métodos para Decisão em Incerteza

| ESTRATÉGIAS | Não probabilísticos | | | Probabilísticos | | |
|--------------|---|---------|---------|--|--|------------------------------------|
| | <i>Critérios Simplificados sem atribuição de probabilidades</i> | | | <i>Sem dependência entre variáveis</i> | Mensuração da dependência de variáveis | |
| | Maximax | Maximin | Minimax | | <i>Sem preferência de risco</i> | Mensuração da preferência de risco |
| | | | | Valor Esperado Médio | Monte Carlo | Teoria da Utilidade |
| Estratégia 1 | 12 | 3 | 48 | 7,75 | M = 8 DP= 6 | 5,4 |
| Estratégia 2 | 60 | 2,5 | 0,5 | 30,63 | M = 15 DP=29 | 4,9 |
| Estratégia 3 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 4,5 |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, David R. *et alii. Essentials of management science: applications to decision making*. New York: West Publishing Co., 1978.
- ANDRADE, Eduardo L. **Introdução à pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos, 1989.
- BRONSON, Richard. **Pesquisa operacional**. Tradução de Bernardo Severo da Silva Filho e Othon Guilherme Pinto Bravo. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.
- CATELLI, Armando. **Notas de Aula durante curso de Controladoria**. São Paulo: USP, 1998.
- COOKE, Willian P. *Quantitative methods for management decisions*. New York: McGraw-Hill, 1985.
- CORRAR, Luiz J. Projeção de custos e o método de simulação de Monte Carlo: o caso da fundação Salute. **V Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos**. Fortaleza: SEBRAE/CE, 1998. Volume 1 p.531 a 544.
- _____. O modelo econômico da empresa em condições de incerteza: aplicação do método de simulação de Monte Carlo. *In: XVI ENAMPAD*. Canela, RS. Vol. 2. p. 90 a 102. 21 a 23 de setembro, 1992.
- DUNN, Robert A. & RAMSING, Keneth D. *Management science*. New York: McMillan, 1981.
- EASTON, Allan. *Complex managerial decisions involving multiple objectives*. New York: John Wiley, 1973.
- GUERREIRO, Reinaldo *et alii*. A controladoria sob o enfoque GECON – gestão econômica: a experiência da Caixa Econômica Federal do Brasil. **Congresso**

- Internacional de Contabilidad, Finanzas y Administración.** Cidade de Habana, Cuba. 25 al 28 de febrero de 1997.
- HORNGREN, Charles T. The accounting discipline in 1999. *The Accounting Review*. volume 46, número 1. Janeiro de 1971, p. 5-10.
- LAPPONI, Juan C. **Estatística usando Excel 5 e 7.** São Paulo: Laponi Treinamento, 1997.
- MATHESON, J. E. & HOWARD, R. A. An introduction to decision analysis. in *Readings in decision analysis*. Menlo Park: Stanford Research Institute, 1977.
- RAIFFA, Howard. **Teoria da decisão:** aulas introdutórias sobre escolhas em condições de incerteza. Tradução de Sérgio Elleri Grão Barroso. Petrópolis: Vozes, 1976.
- SANTOS, Edilene S. & PONTE, Vera. Gestão econômica: um modelo para a integração sistêmica da empresa. **V Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos.** Fortaleza: SEBRAE/CE, 1998. Volume 2 p.705 a 721.
- _____. Modelo de decisão em Gestão Econômica. **Caderno de Estudos/FIPECAFI.** V. 10, nº 19, setembro/dezembro, 1998, p. 43-56.
- SHAMBLIN, James E. & STEVENS, Jr. G.T. **Pesquisa operacional: uma abordagem básica.** Tradução de Carlos Roberto Vieira de Araújo. São Paulo: Atlas, 1989.
- STEVENSON, William J. **Estatística Aplicada à Administração.** Tradução de Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.