

1. Introdução;
2. A abordagem da teoria da decisão;
3. Caso Agropec — um problema de decisão mercadológica;
4. Análise do problema;
5. Análise de sensibilidade;
6. Conclusão.

Rogério A. Machado *

1. INTRODUÇÃO

Tomar decisões é a própria essência da administração e é o encargo mais característico das atividades de um executivo. Decisões são tomadas para resolver problemas. Um problema de decisão existe quando:

- a) um ou mais objetivos precisam ser alcançados;
- b) existem várias alternativas que podem ser seguidas;
- c) existe incerteza sobre qual alternativa irá otimizar os objetivos estabelecidos.

De outra forma não há decisão envolvida.

Este artigo introduz sumariamente a metodologia desenvolvida pela moderna teoria da decisão. Um caso é apresentado, sua matriz de retornos é construída e através do critério de decisão bayesiano uma alternativa é selecionada. Posteriormente, uma análise de sensibilidade é desenvolvida para o problema.

2. A ABORDAGEM DA TEORIA DA DECISÃO

O objetivo da análise de decisão é: a) decompor sistematicamente o problema em suas partes constituintes; b) quantificar as incertezas e conseqüências associadas aos vários elementos do problema; c) avaliar, separadamente, de maneira lógica e consistente, as implicações de cada conjunto de fatores.

Os elementos constituintes de um problema de decisão podem ser convenientemente apresentados na matriz de retornos. Na preparação da matriz de retornos de um problema o administrador deve ser capaz de identificar:

- a) as alternativas (ou cursos de ação ou decisões) disponíveis. Alternativas são seqüências de comportamento mutuamente exclusivas, tais como: construção de um novo armazém ou aluguel de um armazém;
- b) os estados da natureza relevantes ao problema. Ao enfrentar um problema de decisão, o administrador deve utilizar a informação disponível para selecionar uma alternativa dentre as várias relacionadas. O administrador, ao fazer esta escolha, deve levar em consideração não apenas os fatores sob seu controle mas, concomitantemente, avaliar aqueles sobre os quais não exerce qualquer controle. Os diversos conjuntos possíveis de fatores incontroláveis, tais como perspectivas econômicas ou situação financeira dos clientes, são referidos por estados da natureza;

* Professor na Escola de Administração de Empresas da Bahia; mestrando em Management, Classe de 1976, na Sloan School of Management do Massachusetts Institute of Technology (MIT).

c) os resultados esperados. Um resultado é definido em função da alternativa escolhida pelo administrador e do estado da natureza no momento em que a decisão se torna operacional e existe um resultado associado a cada par alternativa-estado da natureza. Estes resultados devem medir o(s) objetivo(s) que se deseja alcançar e, na maioria dos problemas empresariais, são valores monetários, tais como: custos ou lucros.

3. CASO AGROPEC – UM PROBLEMA DE DECISÃO MERCADOLÓGICA

Consideremos, para efeito de ilustração, a situação simplificada, porém realista, confrontada pelos executivos da Agropec, Comércio & Indústria S.A., empresa que monta e comercializa equipamentos agrícolas no sul da Bahia.¹

A empresa está planejando o lançamento de um novo modelo de pulverizador para a próxima safra de cacau. A firma deseja manter sua política tradicional de adquirir partes componentes sob contrato aos seus fornecedores e fazer a montagem final do produto. Desta maneira, terá que fazer um pequeno investimento de Cr\$ 500.000,00 em equipamento e pessoal e terá um custo total variável de Cr\$ 3.000,00 por unidade produzida. O preço de venda unitário ficou definido em Cr\$ 5.000,00. O ponto de equilíbrio (break-even point) pode ser rapidamente determinado como segue:²

Custos: $C = 500 + 3.Q_e$

Vendas: $V = 5.Q_e$

e, para $C = V$, temos $Q_e = 250$ unidades.

Desde que seja possível produzir e vender uma quantidade $Q > Q_e$, a Agropec terá lucro sempre e cada vez maior, à medida que Q aumentar.

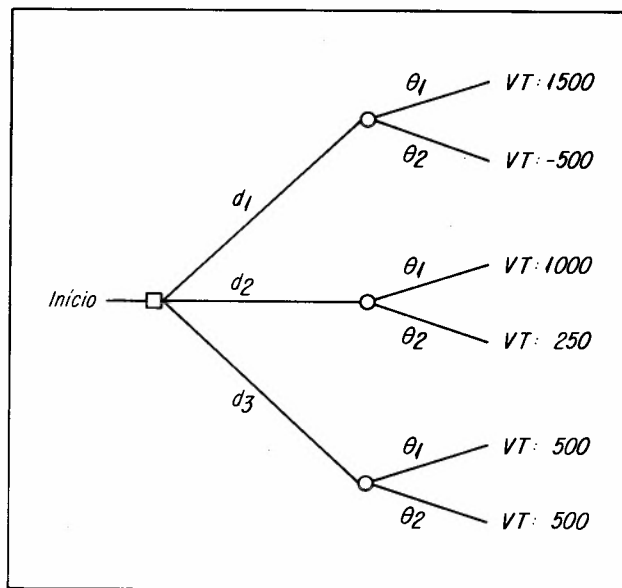
Na realidade as coisas não funcionam bem assim. Os executivos da Agropec estimam que se o produto tiver boa aceitação (e isto deve ser definido cuidadosamente) poderão vender cerca de 1.000 unidades do novo pulverizador. Caso contrário, ou seja, se não houver boa aceitação no mercado, deverão vender cerca de 600 unidades apenas.³

Por motivos técnicos e contratuais, a Agropec deve decidir entre produzir 500, 750 ou 1.000 unidades e as unidades que não forem vendidas serão consideradas como perda de investimento.⁴

4. ANÁLISE DO PROBLEMA

As condições de aceitação do produto pelo mercado representam os relevantes estados da natureza, e as quantidades que podem ser produzidas as alternativas disponíveis. Estas decisões e estados da natureza pertinentes ao problema da Agropec podem ser esquematicamente representados em um diagrama conhecido como árvore de decisão. Em uma árvore de decisão são apresentadas as diversas seqüências de decisões e eventos de modo a permitir uma visualização rápida dos resultados possíveis.⁵

Figura 1 - Árvore de decisão do problema da Agropec



□ nóculo de decisão

○ nóculo de eventos

d_1 = decisão de produzir 1.000 unidades

d_2 = decisão de produzir 750 unidades

d_3 = decisão de produzir 500 unidades

θ_1 = ocorrência de vendas altas, 1.000 unidades

θ_2 = ocorrência de vendas baixas, 600 unidades

VT = valor terminal.

Os resultados esperados (ou valores terminais) foram calculados levando em consideração o número de unidades produzidas e o número de unidades que se espera vender na ocorrência de cada um dos estados da natureza relacionados.

VT_{ij} = valor terminal esperado dado que se escolheu a i -ésima decisão e ocorreu o j -ésimo estado da natureza;

$$VT_{ij} = - \text{Custos} + \text{Vendas} = - (500 + 3.Q_i) + 5.Q_j$$

Tomada de decisão

onde:

Q_j = demanda esperada na ocorrência do estado da natureza θ_j ;

Q_j = produção contratada na escolha da decisão d_j .

Desta maneira temos, por exemplo,

$$VT_{11} = - (500 + 3 \times 1.000) + 5 \times 1.000 = 1.500$$

e os demais valores são calculados de maneira análoga. Podemos, então, construir a matriz de retornos para o problema da Agropec conforme apresentada na figura 2.

Figura 2
Matriz de retornos do problema da Agropec (Cr\$ 1 000,00)

Estado da natureza	Alternativas ou decisões		
	d_1	d_2	d_3
θ_1 = vendas altas	1 500	1 000	500
θ_2 = vendas baixas	- 500	250	500

Podemos observar que se houver boa aceitação e, conseqüentemente, vendas altas, a decisão d_1 produzirá o mais alto retorno possível neste mercado. Se a aceitação for pequena, contudo, d_1 irá resultar em perdas líquidas da ordem de Cr\$ 500.000,00, devido aos compromissos assumidos para aquisição de componentes. A decisão d_2 produz um bom resultado no caso de vendas altas e um pequeno retorno no caso de vendas baixas. Observamos, ainda, que d_3 , por produzir uma quantidade inferior às demandas esperadas, resultará num lucro razoável através da venda total da produção da Agropec na ocorrência de qualquer dos estados da natureza.

Notemos que, mesmo na falta desta estruturação formal do problema, qualquer executivo prudente, confrontado com este problema de decisão, teria que considerar todos estes mesmos elementos, isto é, custos, chances de sucesso e retornos prováveis.

Não existem regras rígidas que estabeleçam de maneira única a decisão a ser tomada pelo executivo. O leitor certamente conhece o modelo de decisão adotado pela maioria dos especuladores da bolsa de ações: "comprar na baixa e vender na alta". Um modelo de decisão representa uma abstração de como a pessoa deve agir quando

aceita as suposições do modelo como intuitivamente atraentes. Não se está afirmando que ela realmente age assim ou que o modelo é utilizado sempre.

Cientistas do comportamento, interessados na teoria da decisão, desenvolveram diversos modelos ou critérios de decisão. A seguir, apresentamos alguns dos critérios mais freqüentemente discutidos.

O critério maximin — é um dos critérios mais conservadores. Utilizando este critério, o administrador assume que o pior resultado acontecerá independentemente da decisão escolhida. Desta forma, deverá selecionar a alternativa que resultará no máximo lucro dentre os mínimos esperados. Com esta visão pessimista do mercado, os executivos da Agropec deveriam escolher a alternativa d_3 .

Figura 3
Aplicação do critério maximin ao problema da Agropec (Cr\$ 1.000,00)

	Alternativas		
	d_1	d_2	d_3
Resultados mínimos	- 500	250	500
			Máximo dos mínimos

O critério maximax — é uma outra regra de decisão que a companhia pode seguir e que se encontra diretamente oposta em relação ao critério maximin. Neste caso, a companhia aceita que o melhor dos resultados deverá acontecer e se prepara para esta situação favorável. Com esta visão otimista do mercado, os executivos da Agropec deveriam escolher a alternativa d_1 .

Figura 4
Aplicação do critério maximax ao problema da Agropec (Cr\$ 1.000,00)

	Alternativas		
	d_1	d_2	d_3
Resultados máximos	1 500	1 000	500
	Máximo dos máximos		

O critério bayesiano — Os critérios anteriores pressupunham ignorância total acerca das possibilidades de ocorrência dos estados da natureza relacionados no problema. Na prática, no entanto, raramente o administrador não dispõe de informação que permita avaliar estas possibilidades. O critério bayesiano utiliza ao máximo as informações disponíveis; leva em consideração todos os resultados possíveis associados a cada decisão e pondera estes resultados com a melhor estimativa das suas possibilidades de ocorrência. Desta forma, o critério bayesiano apresenta nítidas vantagens sobre os demais por ser o mais racional.

Para utilizar o critério bayesiano, também conhecido como critério do valor esperado, o administrador deve ser capaz de definir pesos que incorporem seus sentimentos quanto às possibilidades de ocorrência de cada estado da natureza.

Os executivos da Agropec poderiam imaginar uma caixa com 10 bolas. Em algumas destas bolas está escrito "vendas altas" e, nas restantes, "vendas baixas". Podemos ainda imaginar que os executivos da Agropec "apostariam" em "vendas altas" se acreditassem haver mais bolas com tal inscrição.

O fato de "apostar" em alguma coisa indica nossa confiança nas chances do fato acontecer. Porém, precisamos de uma medida para esta confiança e poderíamos perguntar aos executivos do nosso problema: "Quantas bolas vocês acreditam que estão com o título "vendas altas"? A resposta poderia ser 7!

Ou seja, eles acreditam que "vendas altas" deve ocorrer com cerca de duas vezes mais chances que "vendas baixas". Traduzindo estes resultados em termos de probabilidades, podemos dizer que os executivos da Agropec acreditam que θ_1 tem probabilidade igual a 0,7 e θ_2 igual a 0,3.

De maneira geral, a soma das probabilidades de eventos mutuamente exclusivos é igual à unidade. Simbolicamente:

$$\begin{aligned} P(\theta_1) &= 0,7; \\ P(\theta_2) &= 0,3 \text{ e,} \\ P(\theta_1) + P(\theta_2) &= 1. \end{aligned}$$

A idéia de numericamente estimar as chances de ocorrência (probabilidade) de eventos incertos deixa o administrador em situação um pouco desconfortável. Porém, o administrador deve ter alguma base racional para estimar os riscos associados com cada uma das alternativas que ele porventura decida tomar.

A idéia de "apostar no futuro" e tentar imaginar uma caixa com bolas que representam possíveis estados da natureza relevantes ao problema torna, geralmente, esta tarefa mais fácil.

Finalmente, o critério bayesiano estabelece que a melhor alternativa a ser seguida é aquela que produz o mais alto retorno esperado.

O retorno ou valor esperado de uma alternativa é a média ponderada dos resultados esperados, dado que aquela alternativa foi escolhida. Os pesos utilizados são as probabilidades de ocorrência dos diversos estados da natureza. Usando VT_{ij} como resultado esperado (ou valor terminal) da i -ésima decisão dado o j -ésimo estado da natureza, $P(\theta_j)$ como a probabilidade de θ_j , o valor esperado $E(d_i)$ da i -ésima decisão pode ser calculado como:

$$E(d_i) = \sum_j VT_{ij} P(\theta_j)$$

De posse das estimativas das probabilidades $P(\theta_1)$ e $P(\theta_2)$ e dos valores terminais apresentados na matriz de retornos da figura 2, substituindo na expressão anterior, temos:

$$\begin{aligned} E(d_1) &= 1\,500 (0,7) + (-500) (0,3) = 900 \\ E(d_2) &= 1\,000 (0,7) + 250 (0,3) = 775 \\ E(d_3) &= 500 (0,7) + 500 (0,3) = 500 \end{aligned}$$

Se os executivos da Agropec aceitam as suposições definidas no critério bayesiano de decisão, a alternativa d_1 deve ser escolhida por apresentar o maior retorno esperado.

Existem, ainda, na realidade, diversos outros modelos que propõem explicar a maneira como certas pessoas decidem. Para situações como esta, no entanto, o critério bayesiano é considerado o mais adequado. Evidentemente, voltamos a lembrar que, como qualquer modelo de decisão, o modelo bayesiano pode não ser seguido em determinadas circunstâncias, mesmo por administradores que aceitam totalmente as condições do mesmo. Suponhamos que os executivos da Agropec, apesar de bastante otimistas quanto ao sucesso do novo pulverizador, não estivessem em condições de assumir qualquer prejuízo. Nestas condições, a decisão d_1 não poderia mais ser considerada a melhor. Uma vez que não existe qualquer garantia de que a decisão escolhida irá produzir o retorno esperado, este valor deve ser utilizado apenas como uma medida útil na comparação das diversas alternativas. O leitor deve concordar que se esta nossa suposição fosse verdadeira e a confiança dos executivos da Agropec mantida, a melhor decisão seria então d_2 .

Em suma, para aplicação do critério bayesiano, quando não há oportunidade de coletar informações adicionais, o administrador deve:

a) preparar a matriz de retornos do problema com: as alternativas disponíveis; os estados da natureza relevantes; os resultados esperados;

- b) estabelecer pesos numéricos (probabilidades) para as ocorrências dos estados da natureza relacionados;
- c) calcular os valores esperados;
- d) escolher a alternativa possível que apresentar o valor esperado ótimo.

5. ANÁLISE DE SENSITIVIDADE

Devemos observar que a alternativa a ser seguida depende das probabilidades estabelecidas para os estados da natureza. Se variamos a distribuição de probabilidades, se nossa confiança varia com relação a alguma das ocorrências possíveis, outro curso de ação pode vir a ser o mais recomendado.

Podemos substituir nas expressões dos valores esperados das diversas alternativas a probabilidade de θ_2 (vendas baixas) por: $1 - P(\theta_1)$, uma vez que:

$$P(\theta_1) + P(\theta_2) = 1,$$

e temos:

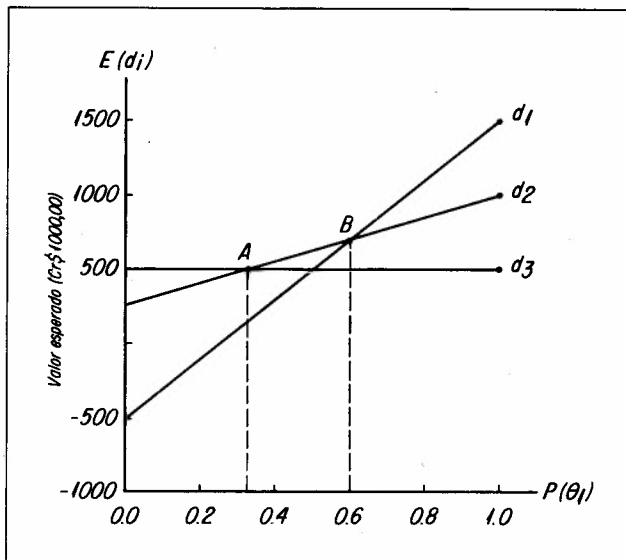
$$E(d_1) = 1\,500 \cdot P(\theta_1) - 500 \cdot (1 - P(\theta_1)) = 2\,000 \cdot P(\theta_1) - 500$$

$$E(d_2) = 1\,000 \cdot P(\theta_1) + 250 \cdot (1 - P(\theta_1)) = 750 \cdot P(\theta_1) + 250$$

$$E(d_3) = 500 \cdot P(\theta_1) + 500 \cdot (1 - P(\theta_1)) = 500$$

Estas equações estão graficamente representadas na figura 5.

Figura 5 - Representação gráfica dos valores esperados como função de $P(\theta_1)$



Os executivos da Agropec podem não estar muito seguros acerca do valor a ser dado a $P(\theta_1)$. Esta dificuldade é comum e natural no estabelecimento de probabilidades a priori.

Para que valores de $P(\theta_1)$, poderiam perguntar, a decisão d_1 pode ainda ser considerada a melhor?

Na figura 5 está evidenciado que, dependendo do valor dado a $P(\theta_1)$, qualquer das alternativas pode apresentar o maior retorno esperado.

Podemos obter, a partir das equações anteriores, os valores críticos de $P(\theta_1)$ nos pontos A e B fazendo:

$$\begin{aligned} E(d_1) &= E(d_2) \\ 2\,000 \cdot P(\theta_1) - 500 &= 750 \cdot P(\theta_1) \\ P(\theta_1) &= 0,60 \text{ (ponto B); e,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E(d_1) &= E(d_3) \\ 2\,000 \cdot P(\theta_1) - 500 &= 500 \\ P(\theta_1) &= 0,33 \text{ (ponto A)} \end{aligned}$$

Os executivos da Agropec dispõem agora de faixas dentro das quais determinada decisão produzirá um maior retorno esperado. Podem estabelecer, para o problema em questão, o seguinte critério de decisão que responde à pergunta feita acima:

selecionar d_1 se: $P(\theta_1) > 0,60$

selecionar d_2 se: $0,33 > P(\theta_1) > 0,60$

selecionar d_3 se: $P(\theta_1) < 0,33$

6. CONCLUSÃO

A teoria da decisão representa uma tentativa de ampliar o alcance dos procedimentos estatísticos tradicionais. Incorpora à análise do problema resultados ou valores que representam medidas do(s) objetivo(s) que se deseja alcançar. Além do mais, leva em consideração todos os fatos relevantes disponíveis sobre um parâmetro populacional e, explicitamente, provê a inclusão de julgamentos pessoais (probabilidades subjetivas) acerca das chances de ocorrência de eventos aleatórios fora do controle do administrador.

Desta forma, a teoria da decisão associa a critérios objetivos para tomada de decisão a flexibilidade de julgamentos subjetivos e outras informações não-experimentais na definição e análise das chances de ocorrência de eventos incertos. ■

BIBLIOGRAFIA

Goldschmidt, P. C. A teoria da decisão bayesiana na estratégia mercadológica. *Revista de Administração de Empresas*, v. 10, n. 1, mar. 1970.

Hughes, A. & Grawoig, D. *Statistics: a foundation for analysis*. Mass., Addison-Wesley Publishing Co., Reading, 1971.

Magee, J. F. *Árvores e decisões para tomada de decisões*. São Paulo, Editora Expansão (Biblioteca Harvard de Administração de Empresas, n. 8).

Raiffa, H. *Decision analysis*. Mass., Addison-Wesley Publishing Co., Reading, 1970.

Ravin, J. & Schatzoff, M. *Cambridge Scientific Center Report*. # 320-2091, Cambridge, Mass. 1973.

Schlaifer, R. O. *Analysis of decisions under uncertainty*. McGraw-Hill, 1967.

1 Nome e empresa fictícios.

2 Valores monetários passam a ser referidos em Cr\$ 1.000,00.

3 O problema, apesar de discreto, envolve na realidade o uso de conceitos mais avançados como análise incremental.

4 Situações semelhantes são encontradas nas decisões que envolvem número de cópias de um jornal, compra de produtos perecíveis ou de temporada, etc.

5 O leitor interessado em árvores de decisão deve consultar o artigo, que é um clássico no assunto, Magee, John F. *Árvores de decisões para tomada de decisões*, *Harvard Business Review*, July/Aug. 1964 e recentemente traduzido para o português pela Editora Expansão, São Paulo.

REVISTAS DA FGV MAIOR CATEGORIA EM PUBLICAÇÕES ESPECIALIZADAS

O CORREIO DA UNESCO
CONJUNTURA ECONÔMICA (CE)
REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (RAP)
REVISTA DE DIREITO ADMINISTRATIVO (RDA)
REVISTA DE CIÊNCIA POLÍTICA (RCP)
REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS (RAE)
ARQUIVOS BRASILEIROS DE PSICOLOGIA APLICADA (ABPA)
CURRICULUM (CUR)
REVISTA BRASILEIRA DE ECONOMIA (RBE)

57