



Eduardo Favoretto Vale Bom RA 108139

Gabriel R. Munhoz RA 106802

João Vítor Batistão RA 108074

**Trabalho de Pesquisa Operacional
Teoria dos Jogos, Análise de Decisão e
Métodos de Decisão Multicritério**

Maringá, Brasil

Dezembro de 2020

Sumário

I	TEORIA DOS JOGOS	2
1	INTRODUÇÃO	3
2	DESENVOLVIMENTO	5
II	ANÁLISE DE DECISÃO	7
3	INTRODUÇÃO	8
4	DESENVOLVIMENTO	9
III	MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	12
5	INTRODUÇÃO	13
6	DESENVOLVIMENTO	14
	CONCLUSÃO	17
	REFERÊNCIAS	18

The background features several abstract geometric shapes. On the left, there is a large gray parallelogram. To its right, a gray triangle points upwards. Further right, a pink triangle also points upwards. Below the pink triangle is a gray parallelogram. In the bottom right corner, there is another gray parallelogram. The text is centered over the gray parallelogram on the left.

Parte I

Teoria dos Jogos

1 Introdução

A Teoria dos Jogos é uma teoria que se utiliza da matemática, modelando situações estratégicas que visam as melhores escolhas possíveis em uma tomada de decisão. O grande porém dessa teoria é que a decisão de um indivíduo afeta diretamente a escolha dos outros envolvidos na problemática, ou seja, leva em consideração a interação dos agentes de decisão.

Por se tratar de uma situação competitiva (sendo denominada jogos/jogadores), é uma teoria aplicada nas mais diversas situações. Um conflito político entre dois candidatos, uma decisão de pênalti entre um jogador e um goleiro ou até mesmo a confissão de um crime entre dois suspeitos. São todos exemplos de dois indivíduos em uma situação com decisões interdependentes. (HILLIER; LIEBERMAN, 2013)

Devemos levar em consideração dois critérios. O primeiro de que ambos os jogadores são racionais. O segundo consiste no entendimento de que os jogadores fazem as escolhas estratégicas com base exclusivamente no próprio bem estar.

Os jogadores tendo as estratégias escolhidas, temos algumas definições importantes:

- **Jogo estratégico:** uma situação de escolhas de dois indivíduos de decisões interdependentes;
- **Jogador:** um dos indivíduos envolvidos no jogo estratégicos. Tem suas escolhas bem definidas baseada em suas percepções de bem-estar, mas leva em consideração as possíveis escolhas do seu concorrente;
- **Estratégia:** Direcionamentos para do jogador dentro do jogo estratégico;
- **Pagamentos:** ganhos e perdas dos jogadores (payoff);

O jogo, possui um número finito de jogadores, podendo ser representados pela matriz G a seguir:

$$G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\} \quad (1.1)$$

Cada jogador (g_i) pertencentes a matriz G, possui um conjunto, também finitos, de estratégias a serem tomadas para o jogo estratégico S:

$$S_i = \{s_{i1}, s_{i2}, s_{i3}, \dots, s_{im}\}; m \geq 2 \quad (1.2)$$

A solução do jogo é baseada no princípio da “Melhor entre as piores”. O objetivo é escolher a opção de maior payoff dentre todas as levantadas do conjunto S_i . A problemática do exemplo que escolhemos, está relacionada a conflitos da atualidade: a disputa pelo “market share” do mercado de vacinas entre duas empresas concorrentes.



2 Desenvolvimento

A teoria dos jogos possui diversos exemplos práticos e em todas as situações os participantes são concorrentes entre si, ou seja, possuem interesses individuais e conflitantes. Os exemplos mais típicos são:

1. Campanhas publicitárias para produtos concorrentes;
2. Planejamento de estratégias de guerra para exércitos inimigos;

As estratégias variam entre infinitas possibilidades até no mínimo 2, para existir a opção de escolha. No exemplo selecionado, duas companhias estão produzindo vacinas para o coronavírus, empresa A e empresa B. Ambas possuem 3 estratégias cada, sendo elas: (NOGUEIRA, 2009)

- **Estratégia 1:** Fazer anúncios em rádios locais
- **Estratégia 2:** Fazer anúncios em jornais locais
- **Estratégia 3:** Fazer anúncios em televisão

Cada empresa possui seu departamento de marketing e diferentes estilos de postagens, rendendo assim diferentes tipos de adesão. Conforme a matriz payoff (1) tem-se uma previsão do que pode ocorrer com a % de market share da empresa A para cada estratégia.

Figura 1 – Matriz payoff

	B₁	B₂	B₃
A₁	5	1	-2
A₂	2	3	1
A₃	4	-2	-6

Fonte: Própria

Para a solução, foi-se usado o princípio “Melhor entre os piores”, a partir de cada estratégia utilizada e dos possíveis resultados obtidos a partir de cada escolha, vamos portanto para as considerações e os possíveis cenários:

- No caso da empresa A, caso escolher realizar os anúncios em rádios locais, o pior que pode acontecer seria perder 2% do Market share para a empresa B;

- No caso dessa mesma empresa escolher fazer os anúncios em jornais locais, o pior que aconteceria é ganhar 1% do Market share da empresa B;
- No caso da empresa escolher fazer os anúncios na televisão, no pior dos cenários ela perde 6% do market share para a empresa B;

O princípio “melhor entre os piores” seleciona o menor número de cada estratégia e assim supõe que isso iria acontecer.

Consequentemente, a melhor opção para a empresa A é a estratégia 2 (Fazer anúncios em jornais locais), já que na pior das hipóteses, a empresa ganharia 1% de market share da empresa B, ou seja, o Payoff da empresa seria desses mesmos 1%.

Como a solução garante que nenhuma está em busca da melhor solução, se B escolher as estratégias B1 ou B2, vai perder 2% e 3% para A, respectivamente. Da mesma forma, A não quer escolher as outras duas estratégias, já que tem a possibilidade de perder 2% de market share para a sua concorrente. (NOGUEIRA, 2009)

The background features several abstract geometric shapes. On the left, there is a large gray parallelogram. To its right, a gray triangle points upwards. Further right, a red triangle also points upwards. Below the red triangle is a gray parallelogram. In the bottom right corner, there is another gray parallelogram. The text is centered over these shapes.

Parte II

Análise de Decisão

3 Introdução

Para explicar sobre o método de análise, primeiro precisamos entender algumas definições de decisão. Envolve a administração de resultados incertos, quanto maior os insumos para a tomada de decisão, mais assertiva ela será. É sempre bom lembrar que um processo de decisão bem estruturado não garante a escolha certa, mas aumenta as chances de ir pelo melhor caminho. (TAYLOR et al., 2002)

A decisão pode ocorrer em 3 situações diferentes: sob ambientes de incertezas, sob ambientes de risco e sob ambiente de certezas.

A tomada de decisão envolve múltiplas alternativas disponíveis, e cada escolha gera uma consequência. O processo de estruturação é baseado em três principais pilares:

- Estratégias alternativas: quais os possíveis planos de ação para atingir diversas alternativas distintas;
- Consequência das alternativas: cada alternativa gera uma série de consequências e resultados o que chamamos de payoffs;
- Estados da natureza: tal pilar tem como base possíveis acontecimentos após a tomada de decisão do indivíduo, ou seja, acontecimentos em que o decisor não tem controle;

Para cada tipo de situação (certeza, incerteza e risco) temos metodologias diferentes para a tomada de decisão, por isso antes de iniciar a estruturação do processo de decisão, analise a natureza do ambiente. (TAYLOR et al., 2002)

4 Desenvolvimento

Na análise de decisão existem três tipos, como explicitado acima. Mais especificamente no caso da decisão tomada sob incerteza, o ambiente de decisão não contém as probabilidades de ocorrência dos estados de natureza, no entanto identifica-se os futuros cenários pertinentes, como no exemplo a seguir:

Uma determinada empresa de consultoria deve tomar uma decisão de comprar um terreno, comprar uma sala comercial ou investir em ações e continuar no aluguel. Já os estados de natureza são: Quando as condições econômicas estão favoráveis ou quando estão desfavoráveis. (TAYLOR et al., 2002)

Tornando esses dados para o método de análise de decisão:

- Decisões:
 1. Comprar terreno (a1)
 2. Comprar sala comercial (a2)
 3. Investir em ações (a3)
- Estados da Natureza:
 1. Condições econômicas favoráveis (S1)
 2. Condições econômicas desfavoráveis (S2)

Figura 2 – Matriz de Decisões e Estados da Natureza

	ESTADO DA NATUREZA	
DECISÃO	S1	S2
a1	40	25
a2	30	30
a3	20	20

Fonte: (RAGSDALE, 2014)

Como a última alternativa : Investir em ações(a3) é visivelmente a pior de todas e portanto dominada pelas outras, podemos excluí-la; (Regra da dominância)

Para as outras alternativas, a regra da dominância não se faz possível, portanto é usado as regras de decisão:

1. Maximin (Otimista)
2. Maximin (Pessimista)
3. Regra de igual possibilidade (La Place)

Para a primeira regra de decisão:

Para cada alternativa escolhe-se o valor máximo, com isso:

Figura 3 – Matriz de Decisões e Estados da Natureza

DECISÃO	ESTADO DA NATUREZA	
	S1	S2
a1	40	25
a2	30	30

Fonte: (RAGSDALE, 2014)

Portanto, a alternativa de comprar terreno (a1) prevalece.

Para a segunda regra de decisão:

Para cada alternativa escolhe-se o valor mínimo, com isso:

Figura 4 – Matriz de Decisões e Estados da Natureza

DECISÃO	ESTADO DA NATUREZA	
	S1	S2
a1	40	25
a2	30	30

Fonte: (RAGSDALE, 2014)

Portanto, a alternativa de comprar sala comercial(a2) prevalece.

Para a terceira regra de decisão:

Assume-se que todos os eventos tem a mesma possibilidade de acontecer:

Figura 5 – Matriz de Decisões e Estados da Natureza

DECISÃO	ESTADO DA NATUREZA	
	S1	S2
a1	$(40 \cdot 0,5) = 20$	$(25 \cdot 0,5) = 12,5$
a2	$(30 \cdot 0,5) = 15$	$(30 \cdot 0,5) = 15$

Fonte: (RAGSDALE, 2014)

Assim, $(a1 = 32,5)$ e $(a2 = 30)$, a alternativa de comprar terreno (a1) prevalece.
(RAGSDALE, 2014)

The background features several large, overlapping geometric shapes. On the left, there are several gray trapezoids and parallelograms. On the right, there is a prominent red triangle pointing upwards, and below it, a gray parallelogram. The overall composition is abstract and modern.

Parte III

Modelo de Decisão Multicritério

5 Introdução

O modelo de decisão multicritério tem como foco a resolução e otimização da decisão de problemas com diversos critérios que são dependentes e/ou relacionados, tanto positiva quanto negativamente. O método possui uma abordagem quantitativa e possibilita a ordenação e classificação dos melhores parâmetros para decisão da solução. (ALMEIDA, 2000)

Existem muitos métodos para aplicação do modelo de decisão multicritério, alguns deles são:

- AHP
- TOPSIS
- Fuzzy-TOPSIS
- PROMETHEE
- ELECTRE

Um aspecto muito importante no modelo multicritério é a escolha de pesos para os atributos, esses pesos atribuídos determinam os tradeoffs entre os valores de cada critério, transformando um atributo em algo mais relevante enquanto outro perde sua notoriedade. (VALKENHOEF; TERVONEN, 2016)

No método AHP, por exemplo, são definidos vários decisores que selecionam pesos para cada critério, e a partir da importância de cada decisor é retirada uma média para que assim, possam ser atribuídos a cada critério o peso mais próximo da necessidade e prioridade da empresa ou problema em questão.

Conforme são informados os valores para diversos critérios e os pesos para os mesmos, o próprio método escolhido faz as contas referentes ao modelo de decisão multicritério e consegue classificar todas as soluções para o problema em uma lista de prioridade.

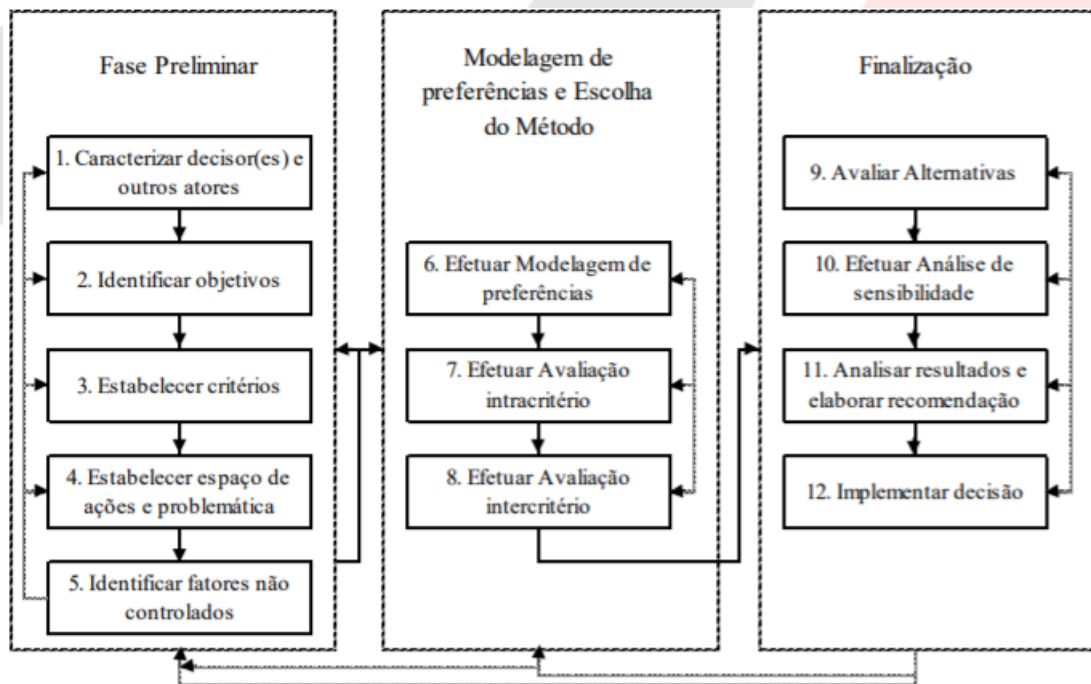
6 Desenvolvimento

Com isso, um estudo se utilizou do modelo de decisão multicritério para selecionar fornecedores para laboratórios de pesquisa agropecuária. O problema em questão é focado em padronizar a avaliação por meio de diferentes critérios para que assim possa ser escolhido o melhor fornecedor para os laboratórios, aumentando a eficiência e a qualidade de diversos processos. (RODRIGUEZ, 2017)

A partir do mapeamento do processo de escolha dos fornecedores e dos produtos foram mensurados 3 cenários para aplicações do modelo de decisão multicritério. Cada cenário consistia em diferentes grupos de equipamentos laboratoriais com faixas de preço distintas. (RODRIGUEZ, 2017)

A construção do modelo de decisão multicritério foi realizada com base no procedimento da figura 6.

Figura 6 – Procedimento para resolução de um problema de decisão



Fonte: (ALMEIDA, 2000)

Após todas as etapas concluídas, foram listados os critérios (7) para o modelo de decisão e verificou-se ao longo do processo que conjuntos de decisores indicaram para critérios específicos, sendo eles, o preço e a capacidade técnica dos equipamentos (8). Assim foi possível por meio do modelo de decisão multicritério priorizar fornecedores que possuíam menor preço e cujos equipamentos tivessem maior capacidade técnica.

Figura 7 – Critérios utilizados

Critério	Símbolo	Descrição	Escala	Unidade
Preço	C_1	↓ - Preço de venda do Equipamento.	Cenário A: 1.137 a 2023 Cenário B: 19.275 a 25.278 Cenário C: 185.150 a 364.000	COP\$ (x10 ³)
Tempo de Entrega	C_2	↓ - Número de dias, desde a emissão da ordem de compra até a instalação no laboratório.	Cenário A: 30 a 90 Cenário B: 45 a 90 Cenário C: 60 a 120	Dias
Capacidade Técnica	C_3	↑ - Total de especificações técnicas atendidas, de acordo com os requerimentos de uso do equipamento.	Cenário A: 4 a 8 Cenário B: 10 a 16 Cenário C: 19 a 49	Pontuação
Garantia	C_4	↑ - Garantia para troca por peças ou funcionamento.	Cenário A: 12 a 24 Cenário B: 12 a 24	Meses
			Cenário C: 1 a 3	Anos
Treinamento	C_5	↑ - Treinamento e acompanhamento nas adequações do equipamento ao local de instalação, bem como apoio para realizar testes e métodos de análise.	1 a 3	Dias
Resposta a Chamado Técnico	C_6	↓ - Tempo dentro do qual o fornecedor deve responder a um pedido de serviço relacionado a problemas operacionais e falhas.	24 a 72	Horas
Manutenção	C_7	↑ - Quantidade de serviços de manutenção preventiva e revisão no equipamento sem custo adicional.	0 a 3	Unidade
Termos de Pagamento	C_8	↑ - Forma de pagamento	1: Total antecipado 2: Parcial 3: Até 30 dias depois da entrega	Pontuação
Experiência	C_9	↑ - Experiência do fornecedor no mercado.	1: Fornecedor novo 2: Vendas anteriores comprovadas com faturas 3: Apresentação de contratos por equipamentos ou empresas de atividades similares.	Pontuação
↓: Critério de Minimização				
↑: Critério de Maximização				

Fonte: (RODRIGUEZ, 2017)

Figura 8 – Apresentação dos resultados

Steps 5 and 6 - Results and Finalization			
After the definition of the relations , the values of the constants of scale will be defined and will be presented the function value of each alternative.			
ALTERNATIVES		RESULTS	
F7		0.90466	
F6		0.82357	
F4		0.7518	
F5		0.74285	
F2		0.41202	
F3		0.19047	
F1		0.12195	
CRITERIA		SCALE CONSTANTS	
Preço		0.78703	
Cap. Técnica		0.11203	
Garantia		0.05601	
Tempo		0.02801	
Manutenção		0.00934	
Experiência		0.00467	
Tempo Resposta		0.00233	
Pago		0.00058	

Fonte: (RODRIGUEZ, 2017)

Conclusão

Os métodos para análises de decisão transformam opiniões e desejos subjetivos em algo técnico e mais próximo da necessidade real da empresa, ou problema. A principal vantagem na utilização de um modelo para tomada de decisão é a mudança de aspectos qualitativos em quantitativos, aptos a comparações e classificações. Desse modo, facilita e otimiza a capacidade de priorização de uma certa solução e até mesmo encontrar a solução que abrange todas as características que foram listadas como importantes por seus decisores.

Considerando os benefícios de aplicação de cada um dos tópicos, podemos evidenciar que na teoria dos jogos existe um aumento da competitividade do negócio, já na análise de decisão tem-se um maior embasamento para decisões internas por fim no modelo de decisão multicritério auxilia na análise de decisões mais complexas, principalmente na análise de fornecedores e sistemas de informação.

Referências

- ALMEIDA, A. T. de. *Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. [S.l.]: Editora Atlas SA, 2000. 13, 14
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2013. 3
- NOGUEIRA, F. *Modelagem e Simulação - Teoria dos Jogos*. 2009. Disponível em: <https://www.ufjf.br/epd042/files/2009/02/jogos.pdf>. 5, 6
- RAGSDALE, C. Modelagem de planilha e análise de decisão: uma introdução prática a business analytics. *São Paulo: Cengage Learning*, 2014. 9, 10, 11
- RODRIGUEZ, J. M. M. *Modelo de decisão multicritério para seleção de fornecedores de equipamentos laboratoriais para pesquisa agropecuária*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2017. 14, 15, 16
- TAYLOR, B. W. et al. *Introduction to management science*. [S.l.]: Prentice Hall, 2002. 8, 9
- VALKENHOEF, G. van; TERVONEN, T. Entropy-optimal weight constraint elicitation with additive multi-attribute utility models. *Omega*, Elsevier, v. 64, p. 1–12, 2016. 13