

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Não se tem conhecimento da gênese da tomada de decisão que consiste em tomar uma posição frente a uma ou várias escolhas. Desde os primórdios até hoje, o homem sempre teve que tomar decisões e esta atitude é umas das tarefas mais comuns do dia a dia, a todo o momento depara-se em uma situação que é mandatório tomar uma atitude, como decidir o momento de atravessar uma simples rua. A Teoria da Decisão, que é fundamentada na racionalidade humana, utiliza um método científico que consiste genericamente nas seguintes fases (CLEMEN, 1996):

- a. Identificar o cenário decisório e entender seus objetivos;
- b. Identificar alternativas;
- c. Decompor e modelar o problema;
- d. Escolher a melhor alternativa;
- e. Análise de Sensibilidade;
- f. Implementar a alternativa escolhida;

A esmagadora maioria dos problemas de decisão é composta por mais de um objetivo aliado ao fato que, normalmente, não existe uma alternativa que “domine” as demais em todos estes objetivos. Para resolver tais problemas racionalmente surgem os Métodos Multicriteriais ou Multiatributos ou Multiobjetivos.

### **1.1 – Histórico dos Métodos Multicriteriais**

Na época da Grécia antiga, no século IV a.C., Platão introduziu a teoria do conhecimento. Alguns trechos foram citados na epígrafe, que se baseava na razão (essência da alma) e todo o pensamento humano que fugisse desta racionalidade era considerado um vício ou doença da alma. Segundo o filósofo, o mundo era composto por dois planos; o “sensível” – material e visível dominado pelo desejo e emoção; e o “inteligível” – espiritual (alma racional) e invisível dominado pela razão. Diante de um problema de decisão, segundo esta teoria, a pessoa deveria descobrir a essência deste problema como também as possíveis alternativas. Para atingir esta essência, a pessoa deveria passar do plano “sensível” para o plano “inteligível”, este movimento ascendente era atingido pela matemática que desagregava dos objetos tudo aquilo não era essencial, purificando-os. Estando no mundo dominado pela razão isento de desejos e emoções e já “purificados” o problema e suas alternativas, a pessoa estava pronta para estabelecer a melhor alternativa. Percebe-se a presença dos elementos do processo de decisão citados anteriormente por CLEMEN (1996).

Em 1738, Daniel Bernoulli apresentou o paradoxo de São Petesburgo, trata-se da mais antiga contribuição metodológica e filosófica para a Teoria da Decisão, da forma em que as conhecemos hoje (GARBER, 2002).

No século XVIII apresenta exemplos de utilização de métodos multicriteriais, destaca-se a sua 2ª metade, durante a Revolução Francesa, onde o Marquês de Caritat de Condorcet publicou o livro *“Essai sur l’ application de l’ analyse à la probabilité dès décisions rendues à la pluralité des voix ”* colocando em questão a escolha social onde cada eleitor tem seus próprios critérios ou motivações na escolha de seu candidato. Posteriormente, o Cavaleiro de Borda propôs outro método mais simples para tal problema. Tais métodos deram origem à Escola francesa e americana respectivamente (BARBA-ROMERO & POMEROL, 1997). WERNKE & BORNIA (2001) cita uma carta de Benjamin Franklin de 1772, na qual ele ensina um método simples de consideração de vários atributos para um processo decisório.

Os economistas do final do século XIX e início do século XX, como Pareto, Walras e Cournot, estudaram as situações econômicas em que vários agentes realizavam escolhas diferentes e conflitantes. Como os recursos são limitados não poderia obter satisfação máxima ao mesmo tempo a todos os agentes. Estabelece-se o **Ótimo de Pareto** na situação em que os agentes não podem melhorar a sua satisfação todos de uma vez (BARBA-ROMERO & POMEROL, 1997). Conclui-se que a tomada de decisão era feita através de análises criteriosas, efetuadas com base em princípios econômicos. Entretanto não havia uma convergência entre a prática da decisão e estes princípios que era provocado pelos fatores:

- A teoria econômica estava preocupada com a problemática da economia em nível macro ao invés dos problemas das unidades microeconômicas básicas (empresas).
- Os resultados provenientes de trabalhos de equipes multidisciplinares não eram suficientemente conhecidos ou divulgados.

Durante a II Guerra Mundial houve uma convergência das correntes econômicas e políticas nas modernas teorias da eleição social, do voto e da análise multicritério, cujos elementos básicos são comuns. Sintetizando estas duas correntes surge a “nova economia do bem estar” fundada pelos economistas Hicks, Bergson e Samuelson, o que constituiu num marco da microeconomia. Em 1951, Koopmans introduz a noção de vetor eficiente que era uma nova versão do ótimo de Pareto (BARBA-ROMERO & POMEROL, 1997).

Na década de 50, em função das experiências realizadas pelas Forças Aliadas na II Guerra Mundial na abordagem dos problemas de logística militar, surge Pesquisa Operacional tradicional (algoritmos, programação linear, dinâmica, entre outros) que

consistia na busca da solução ótima, alcançando o auge de utilização até a década de 70, anos em que o mundo passava por uma estabilidade econômica (WERNKE & BORNIA, 2001). Vale ressaltar as características do paradigma da otimização (abordagem *hard*):

- Formulação do problema em termos de um único objetivo e com a finalidade de se obter uma otimização. Caso fosse reconhecida a existência de múltiplos objetivos estes eram traduzidos numa única escala;
- Necessidade de uma expressiva quantidade de dados, o que gerava problemas de distorção, de indisponibilidade e de falta de credibilidade;
- Assunção da existência de consenso a priori;
- Consideração de que as pessoas têm uma atitude passiva em face da decisão;
- Suposição de que um decisor único com objetivos claros possibilitava a obtenção de ações corretivas diretas;
- Tentativa de abolir as incertezas e de tomar decisões futuras em antecipação;

A partir da década de 60 a decisão multicritério se individualizou com a sua própria terminologia e sua problemática aplicada na seleção uma alternativa na presença de critérios múltiplos. Nesta época, foram propostos vários métodos que atualmente são classificados como clássicos, dentre estes destaca-se a programação por metas (*goal programming*) de Charnes e Cooper (1961) que consiste no conceito de solução em problemas multicritério contínuo<sup>1</sup> por meio de técnicas de programação linear e, para os problemas discretos, o método ELECTRE, da escola francesa, no qual Roy (1968) enfocou a classificação e a escolha diante de pontos de vista múltiplos (BARBA-ROMERO & POMEROL, 1997).

A partir da década de 70, marcado pela escassez dos recursos financeiros e o crescente ônus destes recursos devido ao aumento da instabilidade econômica mundial (crise do capitalismo, passagem do fordismo para o toyotismo) gerou uma mudança do paradigma, passando da otimização para as chamadas soluções de aprendizado e construtivismo. Em resposta a esta problemática surgem várias metodologias, em destaque as Metodologias Multicritérios de Apoio a Decisão. Estas metodologias são bastante adequadas para o novo cenário marcado por problemas complexos, onde existem diversos tipos de decisores e cada um com vários pontos de vista considerados fundamentais no processo decisório, possuindo muitas vezes

---

<sup>1</sup> Os métodos multicritérios contínuos não serão o alvo de abordagem desta dissertação.

objetivos conflitantes e de difícil mensuração, além de muitos casos, utilizar variáveis de ordem qualitativa. São as seguintes características deste novo paradigma (abordagem *soft*):

- Não dominada;
- Necessidade reduzida de dados;
- Simplicidade e transparência;
- Pessoas como sujeitos ativos do processo de apoio à decisão;
- Condições que propiciem um planejamento do particular para o geral, adotando uma metodologia *bottom-up* e aceitação de incertezas;

Ressalta-se que estes novos métodos não substituíram totalmente os procedimentos tradicionais, que são eficientes em determinados cenários, mas sim se tornou mais uma opção para o facilitador (CUNHA, 1999).

Encerrando esta retrospectiva vale mencionar a 1ª Conferência Internacional em MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*), realizada em 1972 na Universidade de Columbia, Carolina do Sul, EUA, organizada por Cochrane e Zeleny. E na Europa, em 1975, Roy organizou o primeiro encontro do "EURO Working Group on Multicriteria Aid for Decisions" (EWG-MCAD). Desta maneira, nasceram paralelamente duas correntes científicas de apoio à tomada de decisão: a americana e a europeia. Entretanto, as duas convergiam no seguinte ponto: para tomar uma decisão que se aproximasse o mais possível da realidade (racionalidade) era necessário considerar outros valores além dos econômicos (BARBA-ROMERO & POMEROL, 1997).

Em 1980 foi publicado o livro "The Analytic Hierarchy" por Thomas L. Saaty, da escola americana, derivado da "theory of prioritized hierarchy", bem como em 1983 foi lançada a primeira versão do programa para PC "Expert Choice" que utiliza esta metodologia. O AHP tornou-se a ferramenta de auxílio à decisão mais popular em todo o mundo, nos seus quase 25 anos de existência (WASIL & GOLDEN, 2003).

A partir das críticas feitas ao AHP, outras abordagens foram desenvolvidas, dentre elas destaca-se a metodologia e programa MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), representante da escola europeia desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick em 1997 (CUNHA, 1999).

## **1.2 – Principais Escolas de Decisão Multicriteriais**

As diferentes escolas de decisão multicriterial se baseiam nos princípios subjacentes aos processos de modelação das preferências. Diferenciam-se entre si em dois principais tipos de abordagem de síntese: critério único de síntese (escola

americana) e da agregação por uma relação binária de síntese (métodos da prevalência ou subordinação – escola francesa ou européia), sendo que cada qual engloba diversos métodos multicritérios.

O processo de modelação das preferências consiste numa seqüência de interações entre o analista e o decisor, alternadas com fases de cálculo, em que o analista seleciona de acordo com as respostas anteriores do decisor, uma alternativa que submete ao diálogo seguinte à sua apreciação.

A abordagem do critério único de síntese, na qual se insere fundamentalmente a Escola Americana, postula que o indivíduo deverá identificar uma função utilidade marginal para cada critério. Função esta, que deverá permitir representar a utilidade subjetiva percebida pelo decisor, através de uma agregação única de consenso. Destaca-se o método AHP.

A abordagem da subordinação (prevalência) de síntese foi introduzida pela Escola Européia, a partir dos anos 60, dentre os quais destaca-se Bernard Roy. Ela modela as preferências através da construção de uma relação binária<sup>2</sup> (WEYLAND VIEIRA, 2002). O princípio subjacente à abordagem da subordinação de síntese é expresso pelo axioma de comparabilidade parcial, segundo o qual três situações fundamentais de preferência podem ser encontradas: Incomparabilidade (R), preferência estrita (P) e indiferença (I), e ainda, em algumas circunstâncias admitem a preferência fraca (Q), que leva em conta casos de indecisão entre P e I. Entre os métodos mais conhecidos e aplicados, estão os métodos ELECTRE's e PROMETHEE I e II.

O presente trabalho apresentará os métodos AHP e MACBETH que são representantes relevantes do método de agregação por uma função de síntese, seguido de um estudo de casos o qual possibilitará visualizar as principais diferenças entre os métodos.

### **1.3 – Objetivos**

O objetivo principal do trabalho é o estudo dos métodos de apoio à tomada de decisão multicritérios AHP e MACBETH.

Além deste objetivo principal, estão listados abaixo os objetivos específicos:

---

<sup>2</sup> As matrizes  $C$  e  $C'$  estão ligadas por uma relação binária:  $C' = 2C - U1$ , donde  $U1$  é uma matriz formada por 1s;  $C'$  é anti-simétrica definida por  $c'_{ij} = 1$  se  $a_i P a_j$ ,  $c'_{ij} = 0$  se  $a_i I a_j$ , e  $c'_{ij} = -1$  caso contrário; a soma dos elementos de uma linha de  $C'$  é igual ao número de vitórias menos o número de derrotas da alternativa correspondente a esta linha (ROMERO & POMEROL, 1997).

- I. Confeccionar um modelo baseado em métodos multicritérios para hierarquizar unidades de escolta pertencentes ao 1º Esquadrão de Escolta da Marinha Brasileira.
- II. Aplicar as metodologias AHP e MACBETH no modelo proposto no estudo de casos.
- III. Comparar os resultados alcançados verificando a viabilidade de uso das mesmas.

#### **1.4 – Justificativa para o Trabalho**

Apesar da esmagadora maioria das aplicações da tomada da decisão abordar a área administrativa e econômica, pode-se afirmar com a absoluta certeza que o processo decisório tem um caráter interdisciplinar pois está presente em todas os ramos do conhecimento. Na área militar, que foi a responsável pelo aparecimento da Pesquisa Operacional na solução de problemas logísticos durante a II Guerra Mundial, estão presentes em conjunto com os problemas operativos os elementos administrativos e econômicos. Cabe lembrar que a atual dificuldade brasileira no contexto macroeconômico implica em graves restrições orçamentárias para a área militar, o que denota a importância da utilização da metodologia multicritério nos problemas militares. Pode-se citar, a título ilustrativo, a questão da substituição dos caças Mirage na Força Aérea Brasileira, onde, analisando de forma superficial, estavam presentes os critérios de custo de aquisição, custo de manutenção, raio de ação, tecnologia empregada, dentre outras; das alternativas apresentadas, nenhuma era superior em todos os critérios.

É importante que uma metodologia interdisciplinar esteja efetivamente presente em todas as áreas do conhecimento, pois será extremamente benéfico para estas pelo fato de criar massa crítica de pessoas e de aplicações o que permite o seu aperfeiçoamento e até mesmo o aparecimento de outros métodos mais adequados em certas aplicações.

A presente dissertação fará um estudo de caso na área militar, e alguns dados de entrada do modelo desenvolvido provenientes de indicadores de performance da Marinha têm classificação sigilosa. Por razões de segurança nacional estes dados serão mascarados. Vale ressaltar que esta alteração não trará prejuízos científicos na aplicação e comparação das metodologias de multicritério, visto que a base de dados de entrada será comum a ambas.

## **1.5 – Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho é estruturado por 8 capítulos, incluindo este introdutório, e divide-se em duas principais partes.

A primeira parte que apresenta a fundamentação teórica para o estudo e é composto pelos capítulos 2 ao 4. No capítulo 2 descreve os conceitos elementares inerentes a um processo decisório, suas convicções e a problemática, bem como a estruturação do problema por meio do mapa cognitivo e sua transformação em árvore de ponto de vista, trata-se de um pilar fundamental para a Aplicação da Metodologia Multicritério em geral. No capítulo 3 apresenta a metodologia MACBETH e suas fases de estruturação e avaliação. O capítulo 4, analogamente ao anterior, aborda a metodologia AHP, suas vantagens e limitações.

A segunda parte contém o estudo de caso, sendo constituída pelo capítulo 5, que apresenta a problemática a ser modelada, seguidos pelos capítulos 6 e 7 que são a aplicação das metodologias AHP e MACBETH para o problema modelado.

Encerrando o trabalho, no capítulo 8, apresentamos as conclusões obtidas, as comparações entre os métodos apresentados e as recomendações para futuros trabalhos.