

---

# Ranking: um sistema de apoio a decisões multicriteriais

---

**Denis Borenstein**

Recebido em janeiro/96  
2ª versão em fevereiro/97

O processo de decisão multicriterial é um dos tópicos clássicos em Pesquisa Operacional. Muitos métodos e técnicas têm sido desenvolvidos nas últimas décadas para apoiar e facilitar o processo de decisão em questões que necessitem a consideração de diferentes cursos de ação e que não possam ser avaliadas em uma dimensão simples. Acompanhando essa tendência, vários Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) foram construídos para, interativamente, facilitar decisores na resolução de problemas envolvendo múltiplos critérios. Eom (1989) apresenta uma revisão crítica desses sistemas computacionais.

Contudo, esses sistemas não têm tido o impacto desejado. Segundo Anghern (1991), a grande falha desses sistemas consiste em desprezar os aspectos cognitivos do processo de decisão para priorizar, simplesmente, os aspectos matemáticos. Esses sistemas, infelizmente, relegam o fato de que a melhor solução para um problema multicriterial não é aquela obtida por um método matemático complexo, mas aquela preferida, aceita, entendida e defendida pelo decisor (Zeleny, 1982). Portanto, devido à sua natureza, o processo de decisão solicita instrumentos que, além de apresentarem formalismo matemático, possam apoiar os decisores por meio de:

- flexibilidade na descrição dos problemas;
- facilidade de análise e entendimento dos componentes do processo de decisão;
- facilidade na comunicação e na explanação dos possíveis resultados;
- habilidade em captar e manipular as preferências do decisor.

Embora os sistemas Triple C (Anghern, 1991) e V.I.S.A. (Belton & Vickers, 1989), combinando modelagem visual interativa (VIM, do inglês *Visual Interactive Modelling*) com modelos matemáticos consagrados na área de teoria de decisão, possuam algumas dessas características, ainda não são capazes de agregá-las simultaneamente. O primeiro sistema limita o número de critérios com os quais um problema pode ser analisado, enquanto o segundo não explicita formalmente as preferências do decisor. Assim, um sistema computacional capaz de oferecer todas essas dimensões ainda não foi desenvolvido.

---

Denis Borenstein é Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.  
Fax: (051) 316-3991  
E-mail: denisb@adm.ufrgs.br

O principal objetivo neste trabalho é descrever um SAD para problemas envolvendo múltiplos critérios, denominado *Ranking*. A fim de que todos os aspectos citados sejam contemplados simultaneamente, o sistema *Ranking* combina a metodologia de modelagem visual interativa e o método de função de valor multicriterial (MAVF, do inglês *Multiattribute Value Function*) para apoiar o processo de decisão. Essa combinação permitiu o desenvolvimento de um sistema que prioriza a cooperação ativa decisor-*software*. Nesse processo, o decisor atribui tarefas ao sistema computacional para resolver certas atividades (em geral as mais tediosas) e o sistema, simultaneamente, assume o papel de facilitador. Dessa forma, o sistema *Ranking* estimula, fornece suporte e sugere ações, a fim de que o decisor tenha melhor entendimento de todo o processo de decisão. Computacionalmente, o sistema utiliza facilidades gráficas e interativas para a estruturação do problema (definição hierárquica do modelo, pesos e escores para critérios), a análise e a tomada de decisão. Adicionalmente, possibilita a análise de diferentes cenários de decisão para o mesmo problema por meio da manipulação direta de todos os parâmetros.

Este artigo está organizado da seguinte forma: inicialmente apresenta-se uma descrição sucinta das metodologias agregadas no sistema *Ranking* e de suas respectivas contribuições para o desenvolvimento de um efetivo sistema computacional; a seguir o sistema é descrito com detalhes, concentrando-se em seu projeto conceitual e na sua utilização em um problema real.

## APLICANDO MODELAGEM VISUAL INTERATIVA

Modelagem Visual Interativa é uma metodologia para o desenvolvimento de modelos altamente interativos e gráficos. A idéia básica dessa abordagem é a construção de um ou vários modelos para determinado sistema. O modelo será incrementado pelo uso de ferramentas gráficas computacionais para ilustrar a dinâmica do sistema. Como o modelo possui uma representação gráfica, o usuário pode facilmente interagir com ele com o objetivo de explorar as conseqüências de diferentes estratégias de decisão. Portanto, segundo Hurrión (1986), os componentes-chave de um modelo visual interativo são a representação visual e dinâmica de um modelo e a capacidade para interagir com o usuário. Bell (1985) discute com detalhes as oportunidades para o desenvolvimento bem-sucedido de modelos visuais e interativos em diversas aplicações.

As técnicas oriundas da VIM foram aplicadas no sistema *Ranking* pela incorporação das seguintes características:

- desenvolvimento gráfico e interativo de um modelo de decisão para investigação;

- incorporação de métodos para apresentar a dinâmica de resolução do modelo, permitindo visualização do processo de solução;
- interação com o decisor para explorar soluções alternativas.

Dessa forma, o decisor terá ferramentas gráficas e interativas para executar as seguintes tarefas: definição do conjunto de alternativas e critérios do modelo de decisão, apresentação dos resultados, definição e solução do processo de decisão para novos cenários de decisão.

O uso dessas técnicas permitirá a quebra de barreiras de comunicação entre o sistema computacional e o decisor, adequando o processo de decisão ao modelo mentalmente construído pelo decisor. Assim, será criado um ambiente que, simultaneamente, estimulará e facilitará ao usuário a compreensão e o entendimento do processo de decisão de seu problema e a explicitação da sua estrutura de preferências, tanto objetivas como subjetivas.

## A METODOLOGIA DE MAVF

### Terminologia e conceitos fundamentais

Não existe terminologia padrão dentro da área de decisões multicriteriais. Vários termos são usados para definir um mesmo conceito. Os mais importantes conceitos são descritos a seguir.

- **Alternativa** ou **opção** — é um curso de ação, uma possível estratégia aberta ao decisor. Por exemplo, um modelo de Corsa é uma alternativa de decisão na compra de um carro.
- **Critério** ou **atributo** — é a característica de uma alternativa medida por meio de uma preferência subjetiva ou objetiva. Em uma decisão envolvendo a compra de um carro, conforto é um exemplo de critério subjetivo, enquanto o preço de aquisição é um exemplo de critério objetivo. Na metodologia de MAVF, os critérios são estruturados segundo uma hierarquia. A hierarquia toma a forma de uma árvore, denominada **árvore de decisão**, em que determinados critérios são progressivamente expandidos em níveis maiores de detalhes pela criação de subcritérios. O critério que tem subcritérios será chamado de critério-pai e o conjunto de todos os critérios que descendem de um mesmo critério será denominado família. Os critérios que ocupam **folhas** na **árvore** serão denominados terminais.
- **Escore** — avaliação de cada alternativa com relação aos critérios.

- **Peso de um critério** — estabelece a importância relativa de um critério em relação aos demais. Na metodologia de MAVF, os pesos são fatores de escala que definem os níveis aceitáveis de *trade-off* entre os critérios. Ademais, existe forte relação entre os pesos atribuídos a um critério e os escores das alternativas para o mesmo critério (vide French, 1988). Por questões de ordem prática, é usual a normalização dos pesos, de tal forma que a soma de todos eles para cada nível da **árvore de decisão** seja igual a 1 ou a 100.
- **Dominância** — é um dos conceitos fundamentais na área de decisão. Uma alternativa domina outra se ela possui escores iguais ou superiores em todos os critérios da **árvore de decisão**. Em síntese, se uma opção domina todas as outras, ela deve ser escolhida; se uma opção é dominada por outra, ela deve ser preterida.

### Formulação matemática

Resumidamente, a metodologia de MAVF pode ser assim descrita:

- definição de uma **árvore de decisão** e atribuição de pesos aos critérios na **árvore**;
- avaliação de cada alternativa com relação aos critérios que correspondem às **folhas** na **árvore de hierarquia**;
- definição do escore total de cada opção como a média ponderada dos escores correspondentes a cada critério. Para hierarquia contendo apenas um nível de critérios, o escore total pode ser obtido por:

$$V_i = \sum_{j=1}^N w_j v_{ij}$$

onde  $V_i$  é o escore total da alternativa  $i$ ,  $w_j$  é o peso atribuído ao critério  $j$ ,  $v_{ij}$  é o escore da alternativa  $i$  para o critério  $j$  e  $N$  é o número de critérios. Para hierarquias contendo critérios em vários níveis, a fórmula é mais complexa, porém o princípio é o mesmo. O processo pode ser descrito da seguinte forma: iniciando no último nível da **árvore**, obtenha o valor para cada alternativa com relação ao critério que se encontra um nível acima na hierarquia, utilizando a fórmula apresentada. Tal procedimento fornecerá um conjunto de escores para cada alternativa, um nível acima na hierarquia. Uma vez obtidos esses escores, repita o processo para famílias de critérios acima na hierarquia até que a **raiz da árvore** seja alcançada.

A escolha desse método é justificada:

- pela transparência e pela facilidade de entendimento para o usuário do método. Essas são características

importantes no sentido de facilitar e incrementar a participação do decisor no processo de avaliação das alternativas;

- facilidade de realização da análise de sensibilidade com esse método, condição fundamental para que o decisor conheça com profundidade todas as possibilidades e os cenários de decisão.

Embora a formulação matemática do método seja simples, sua aplicação a problemas reais não é processo fácil, pois envolve aspectos práticos e metodológicos inerentes a qualquer decisão multicritério.

### SISTEMA RANKING

O sistema *Ranking* é um ambiente visual e interativo para apoiar o processo de decisão envolvendo múltiplos critérios. O programa define uma estrutura hierárquica para os critérios e oferece facilidades para a análise de um problema dentro de ambiente interativo e gráfico. Segundo esses princípios, o sistema oferece aos decisores:

- ambiente visual, utilizando facilidades gráficas, para representar um problema de decisão;
- ferramentas para suportar a análise de diferentes cenários de decisão, considerando aspectos objetivos e subjetivos;
- ambiente centrado no decisor, o qual utiliza recursos gráficos para permitir interação entre o programa e o usuário, tanto na entrada de dados como na apresentação dos resultados.

O sistema computacional é direcionado para a resolução de problemas que envolvam a seleção de uma opção de ação a partir de conjunto finito de alternativas e à luz de conjunto finito de critérios. Ambos os conjuntos podem ser definidos, alterados e manipulados interativamente com o uso do sistema *Ranking*. Dentro desse contexto, esse sistema pode ser utilizado tanto para decisões de caráter pessoal, como a compra de um modelo de um carro, quanto para decisões gerenciais, como a definição de investimentos e a seleção de recursos humanos.

Em seu estágio atual de desenvolvimento, o sistema *Ranking* está restrito a somente um conjunto de informações sobre um problema. Pode ser utilizado por um grupo, mas as informações individuais deverão ser compiladas antes do seu uso. Futuramente, novas versões deverão incorporar facilidades que permitam ao grupo utilizar coletiva e simultaneamente o sistema.

Em termos metodológicos e computacionais, o sistema *Ranking* apresenta os seguintes méritos, que o diferenciam de programas similares:

- o processo de decisão não é automatizado. O sistema atua como facilitador para o decisor identificar alterna-

- tivas **aceitáveis**, bem como para entender o **por que** de se considerar uma alternativa como um bom curso de ação;
- o controle de qualquer análise permanece com o decisor. São suas preferências individuais que guiam o processo de tomada de decisão;
- possibilidade de execução de uma análise de sensibilidade altamente visual, permitindo ao usuário conhecer o comportamento das alternativas a partir da definição de diferentes cenários de decisão.

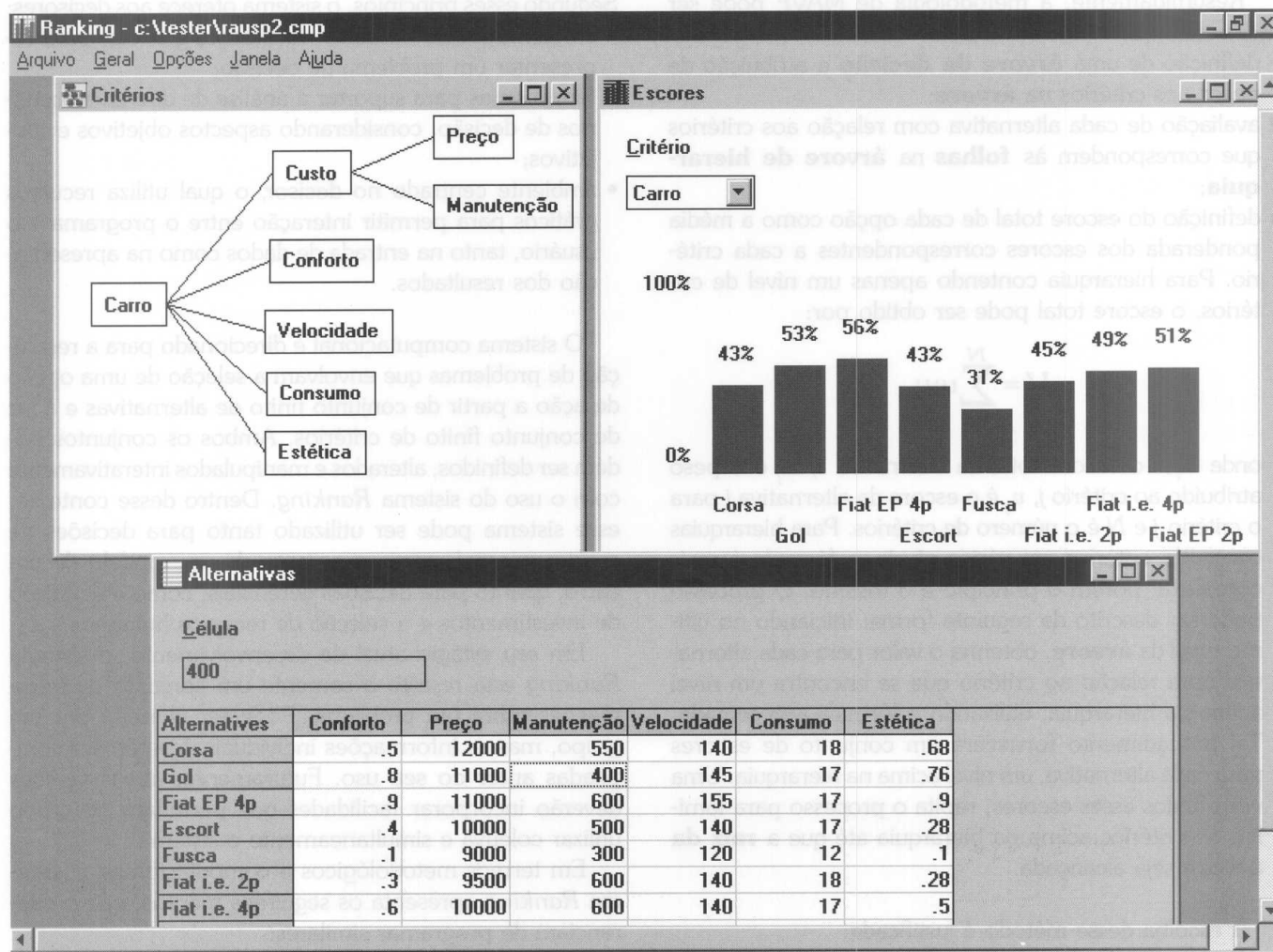
**Implementação computacional**

O sistema *Ranking* foi implementado em Visual Basic 3.0 para ambiente Windows 3.1 ou superior. Ele divide o processo de decisão em três componentes principais: Modelo, Alternativas e Avaliação Global (representados pelas janelas **Crítérios**, **Alternativas** e **Escores**, respectivamente). Na figura 1 mostra-se a tela principal do sistema *Ranking*. Além dessas três janelas, o sistema

define outra, de caráter auxiliar, denominada **Dominância**. Essa última janela demonstra o desempenho das alternativas em cada um dos critérios da família de critérios selecionada. Na figura 2 apresenta-se um exemplo dessa janela. Ela permite que dominâncias entre alternativas sejam constatadas, analisando diferentes estruturas de preferências (pesos e escores).

Essas quatro janelas podem ser abertas independentemente uma da outra na tela, assim como podem ser abertas simultaneamente. O sistema garante consistência entre as diferentes janelas, reagindo a qualquer evento originário do usuário, espalhando a ação por todos os componentes direta ou indiretamente afetados por essa ação. No início da definição de um modelo de decisão as quatro janelas encontram-se fechadas.

Apresentar-se-á, a seguir, detalhes de projeto das três principais janelas do sistema. Detalhes computacionais sobre a utilização do programa, como mover um critério na tela ou criar um novo critério, podem ser encontrados na ajuda interativa do sistema.



**Figura 1: Tela Principal do Sistema Ranking**

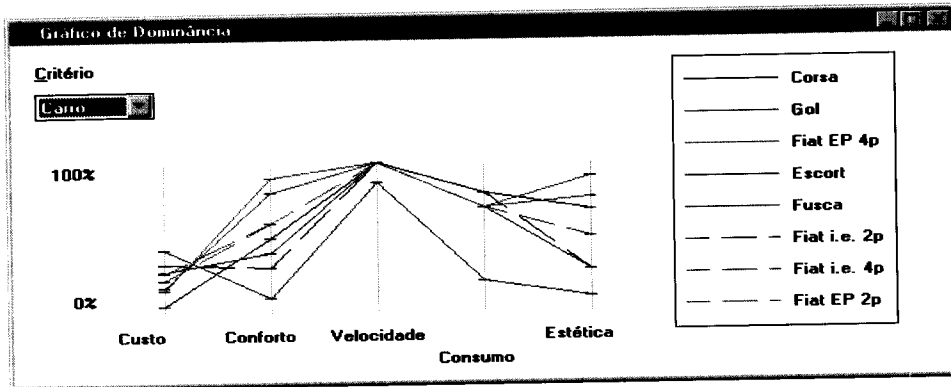


Figura 2: Janela Dominância

### • Janela Critérios

Esta janela apresenta a estrutura hierárquica do problema com os critérios organizados em hierarquia. Todas as ações envolvendo critérios são feitas nesta janela ou a partir dela. As atividades mais importantes são: criação e estruturação de critérios, atribuição de escores a critérios terminais da hierarquia e definição de pesos para os critérios. Quando o peso de um critério é alterado, automaticamente o sistema altera o peso dos demais critérios, no mesmo nível da hierarquia, a fim de manter a normalização para os pesos.

### • Janela Alternativas

As alternativas são definidas nesta janela segundo uma planilha. Esta janela possui formato tabular no qual cada célula que a compõe contém o desempenho de uma alternativa para um critério terminal. Na figura 1 pode ser observado um exemplo desta janela.

### • Janela Escores

Nesta janela, as alternativas definidas pelo decisor são dinamicamente comparadas por meio da definição de um escore para cada alternativa em relação a cada um dos critérios da **árvore de decisão**. Se o critério selecionado é o que ocupa a raiz na **árvore de decisão**, escores globais para cada uma das alternativas são obtidos (vide figura 1). O escore é representado por um gráfico de barras e é interativamente calculado pelo sistema com a utilização da fórmula apresentada no tópico **Formulação matemática**, levando em conta os seguintes parâmetros: pesos dos critérios da hierarquia; condições expressas pelo decisor através de escores subjetivos e funções de valor; valores brutos das alternativas para cada critério terminal da hierarquia. O sistema reagirá automaticamente a cada mudança em cada um dos parâmetros ou em todos, recalculando os novos escores das alternativas. Como resultado, os gráficos de barras serão alterados, refletindo esses novos escores.

## Usando MAVF/Ranking para solucionar um problema

A aplicação da metodologia de MAVF para problemas práticos envolve aspectos teóricos que são bem descritos por Keeney & Raiffa (1976). O mais importante é o conceito de independência de critérios. Sob esse conceito, o decisor deverá estar preparado para aceitar que o

nível de *trade-off* entre dois quaisquer critérios é independente dos valores dos demais critérios. Caso essa condição não se verifique, o método torna-se inapropriado. Keeney & Raiffa (1976) e French (1988) discutem detalhes teóricos sobre como a independência entre critérios pode ser verificada para determinado problema.

Assume-se, portanto, que ao utilizar o sistema *Ranking* o decisor está disposto a aceitar essa condição. Isso não restringe, em termos práticos, a aplicação do programa devido aos seguintes aspectos:

- a independência entre critérios é geralmente uma condição plausível (Watson & Buede, 1987);
- geralmente, a metodologia de MAVF é robusta o suficiente para a maioria das decisões individuais e organizacionais do dia-a-dia (Edwards & Newman, 1982);
- a metodologia de MAVF possibilita, pela sua formulação matemática simples, melhor entendimento do processo de decisão do que a utilização de modelos mais complexos que acabam por afastar o decisor do sistema, acarretando uma decisão pobre (Belton, 1985).

A análise completa de um problema por meio desse método é um processo iterativo e sistemático que pode ser dividido em várias etapas (é importante observar que alguns dos passos descritos não precisam ser executados conforme a seqüência apresentada).

A fim de ilustrar esse processo, utilizar-se-á como exemplo de decisão a compra de um carro popular. Esse modelo foi escolhido por apresentar dois importantes requisitos: generalidade e simplicidade, características que se encaixam perfeitamente nos objetivos deste trabalho, ou seja, uma descrição genérica do sistema *Ranking*. Todos os valores usados para a decisão foram obtidos e/ou estimados junto a manuais e concessionárias com dados de novembro/dezembro de 1995, quando a decisão realmente ocorreu.

### Passo 1 — Definição de alternativas

A definição de alternativas constitui um processo interativo de seleção de conjunto de possíveis opções para determinada decisão. O decisor deve ter em mente que não existe uma boa decisão sem um bom conjunto de alternativas, explicitando novas idéias e direções. A fim de orientar o decisor, pode-se definir um bom conjunto de alternativas como aquele que não apresenta exagerado número de opções, mas número razoável de diferentes alternativas que forneçam ao decisor informações suficientes para a análise dos limites de todos os parâmetros relevantes em um processo de decisão, como critérios, pesos e preferências (Zeleny, 1982). O sistema *Ranking* está limitado a atuar como facilitador para a criação e/ou a exclusão de alternativas.

Para o exemplo selecionado, as alternativas foram definidas de acordo com os modelos de carros populares disponíveis no mercado, ou seja, Corsa 1000, Gol 1000, Fusca 1600, Escort Hobby e a linha completa da família de Fiat Uno motor 1000.

### Passo 2 — Definição de critérios

A definição de critérios é uma das mais difíceis tarefas no processo de decisão. Recomenda-se, para a sua execução, um processo de *brain-storming* ou similar. O sistema *Ranking* apresenta facilidades gráficas para definir o modelo de decisão, na forma de uma **árvore**. Os critérios terminais da **árvore de decisão** recebem especial atenção no sistema *Ranking*, sendo classificados da forma descrita a seguir

- **Numérico** — é um critério objetivo, ou seja, pode ser expresso como um valor numérico dentro de uma escala definida. O usuário define uma função de valor para o critério. Para executar essas atividades, o sistema *Ranking* possui facilidades gráficas que permitem ao usuário desenhar a melhor forma dessa função. No estágio atual de desenvolvimento do sistema, a representação da forma da curva recebeu maior ênfase do que os valores envolvidos. O preço de um imóvel e o lucro de um investimento são exemplos desse tipo de critério.
- **Pessoal** — é um critério subjetivo, ou seja, não pode ser expresso como um valor numérico dentro de uma escala, mas pode ser representado como um grau de preferência entre 0% e 100%. Exemplo: a beleza estética de uma obra de arte.

Recomenda-se, por razões práticas de análise, que os critérios sejam estruturados de maneira a garantir a independência entre eles. Se determinado conjunto de crité-

rios não satisfaz essa condição, é necessário redefiní-lo pela composição ou pela decomposição dos mesmos. Belton (1990) apresenta as seguintes regras práticas para a obtenção de conjunto independente de critérios: uma família deve conter, no máximo, dez critérios; critérios pertencentes a um mesmo nível na hierarquia devem ter a mesma ordem de importância, isto é, os pesos dos critérios não devem diferir por um fator superior a 10, quando a soma dos pesos for igual a 100.

A **árvore** final de critérios para a decisão sobre o carro popular pode ser visualizada na figura 1. Esses critérios foram definidos interativamente com o programa, a partir de uma reunião entre os decisores, aplicando as recomendações apresentadas no parágrafo anterior. Inicialmente, houve clara tendência de expansão da **árvore** pela inserção de grande número de critérios. No entanto, durante a análise do problema os decisores começaram a observar que alguns critérios eram irrelevantes, enquanto outros poderiam ser agregados, como escolha de cor, qualidade da assistência técnica, valor de revenda etc. Esse processo ocorreu paralelamente à análise, tendo tido o sistema computacional participação significativa na definição final do modelo de decisão.

### Passo 3 — Atribuindo escores para alternativas com relação a critérios

Definir escores para uma alternativa com relação a um critério terminal consiste no processo de atribuir **valores** a cada alternativa, refletindo seu desempenho em relação a esse critério. Para esse tipo de quantificação é recomendada na literatura uma escala intervalar (escala em que a diferença entre dois valores é importante, mas a razão entre eles não possui significado algum). Existem duas maneiras possíveis de construção dessa escala:

- **Escala local** — nela, a melhor e a pior alternativas sob avaliação fornecem os pontos extremos da escala. Para o melhor caso pode-se atribuir o valor 100 e, para o pior, o valor 0. Os outros valores serão determinados de acordo com a sua posição relativa a esses dois extremos.
- **Escala global** — é definida com relação ao conjunto de todas as possíveis alternativas existentes. Assim, os valores inicial e final da escala devem ser definidos pelo usuário levando em conta o universo de alternativas possíveis.

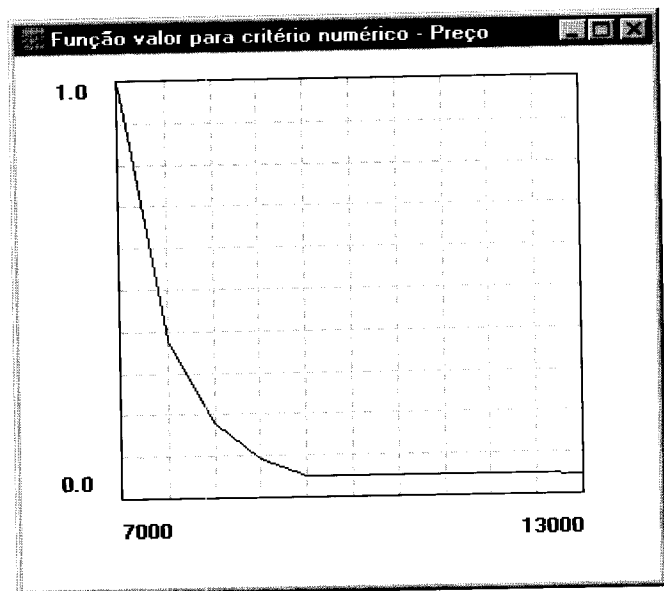
A escala local tem a vantagem de evitar o entediante processo de estabelecimento dos pontos inicial e final da escala. Contudo, cada vez que uma nova alternativa é considerada, algumas escalas locais têm de ser revistas. Isso tem efeito direto sobre os pesos dos critérios, devido

à forte ligação pesos-escores existente na metodologia de MAVF (vide o tópico **Terminologia e conceitos fundamentais**). Essa desvantagem torna esse tipo de escala de difícil implementação computacional. Dessa forma, a escala global apresenta-se como a melhor opção. O sistema *Ranking* oferece recursos computacionais que facilitam a definição das referências externas (valores inicial e final) de uma escala, mantendo consistência entre a escala e o conjunto de alternativas definidas em cada instante no modelo.

Definida a escala global, o processo de atribuição de escores aos critérios terminais pode começar. Dois métodos podem ser usados no sistema *Ranking*:

- Atribuição de escores diretamente às alternativas, método definido como processo subjetivo. Este método é usado para os critérios do tipo pessoal. Como resultado, o valor definido para a alternativa é o próprio escore com relação ao critério considerado. O sistema *Ranking* oferece ao usuário facilidades gráficas para a definição desses escores. Esse processo foi empregado para os critérios pessoais envolvidos na decisão sobre o carro popular: **conforto e estética**.
- Definição de uma **função de valor** capaz de representar as preferências do decisor. A função de valor pode ser definida como uma função matemática capaz de explicitar o conjunto de preferências e valores de um indivíduo ou um grupo de indivíduos. Como os critérios na metodologia de MAVF são mutuamente independentes, a função de valor assume uma formulação simples, podendo-se trabalhar cada critério separadamente. Em outras palavras, pode-se desenvolver uma função de valor para cada critério terminal numérico. Essa função de valor pode assumir várias formas, de acordo com a preferência do decisor, mas deve respeitar certos axiomas e pressuposições, como transitividade ou consistência. Frequentemente, os decisores violam esses axiomas fundamentais da escolha racional, sendo esta, portanto, uma das etapas mais difíceis de serem realizadas com sucesso em qualquer decisão. Von Neumann & Morgenstern (1944) e Fishburn (1964) apresentam descrição matemática detalhada desses axiomas e como essas funções podem ser obtidas. Essas dificuldades, embora presentes, foram minimizadas no sistema *Ranking*. Ele possui facilidades gráficas que permitem ao decisor definir interativamente, em um processo de tentativa e erro, a melhor forma dessa função. No sistema *Ranking*, os valores dessa função encontram-se dentro do intervalo [0, 1], a fim de facilitar o cálculo do escore final das alternativas. Na figura 3 apresenta-se a janela de definição de uma função de valor para um critério terminal numérico do exemplo de decisão, o preço de aquisição do carro. Observe-se a forma decrescente da

curva, estabelecendo que quanto mais caro é o veículo, menor é o seu valor para o decisor. Para um critério como velocidade final, a função apresenta uma forma oposta, ou seja, quanto maior a velocidade final, maior o seu valor para o decisor. Uma vez que os pontos finais da escala e a função de valor  $v_i(x_i)$  para o critério  $i$  estejam definidos, o escore da alternativa cujo desempenho em um critério seja  $x^*$  corresponde ao valor de  $v(x^*)$ . Exemplificando, para a função de valor definida na figura 3, um modelo de carro que possua um preço igual a R\$ 7.000,00 terá o valor de 1,0; para um preço de R\$ 9.500,00, o valor será de 0,8. No exemplo escolhido, esse processo foi definido para os critérios terminais numéricos **preço, custo de manutenção, velocidade e consumo**.

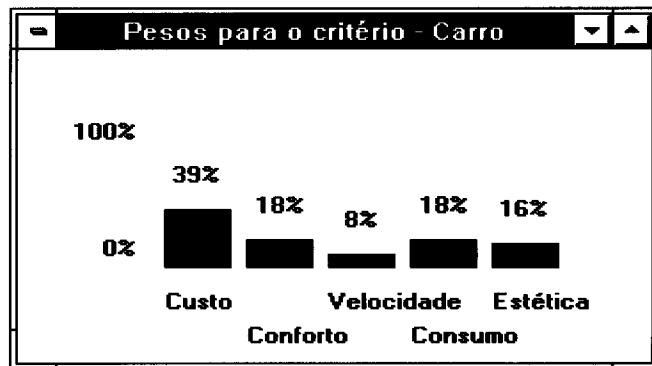


**Figura 3: Janela para a Definição de uma Função de Valor**

#### Passo 4 — Atribuindo pesos a critérios

Esta etapa consiste em definir a importância relativa de cada critério para o processo de decisão. Como o modelo de decisão assume que os critérios são mutuamente independentes, os pesos devem refletir as relações de preferência definidas pelo decisor entre os vários critérios. Keeney & Raiffa (1976) apresentam diferentes técnicas que auxiliam o decisor a atribuir pesos aos critérios. Independentemente do método selecionado, o usuário poderá definir os pesos interativamente com o sistema *Ranking*, utilizando a janela apresentada na figura 4. Os valores são definidos pelo decisor diretamente sobre o gráfico de barras do critério desejado. Para o problema proposto, os pesos foram definidos interativamente com

o sistema, dispensando-se a utilização de métodos matemáticos de difícil compreensão por parte dos decisores.



**Figura 4: Janela para a Definição de Pesos de Critérios**

**Passo 5 — Avaliação global de uma alternativa**

Usando a formulação matemática apresentada, escores parciais e globais são calculados para cada alternativa. O sistema *Ranking* calcula os escores automaticamente. Segundo as condições inicialmente definidas de pesos (veja linha A na tabela **Cenários de Decisão**), funções de valor e escores pessoais, na figura 1 (janela **Escores**) pode ser observada uma avaliação global das alternativas. Percebe-se que o Fiat EP 4 portas apresenta o maior escore, seguido de perto pelas alternativas Gol 1000 e Fiat Ep 2 portas.

**Passo 6 — Análise de sensibilidade**

Apesar de na etapa anterior os escores globais das alternativas terem sido calculados, permitindo uma categorização das alternativas, a análise não deve ser considerada finalizada. Uma análise de sensibilidade, principalmente nos pesos dos critérios, definirá novos cenários de decisão que permitirão definir de forma mais precisa as alternativas que devem ser consideradas e quais delas devem ser descartadas. Esse processo é realizado no sistema *Ranking* com a utilização de facilidades gráficas e interativas oriundas da VIM.

Os escores globais próximos obtidos pelos três modelos de carros citados justificam uma análise mais rigorosa antes da decisão final. A análise de sensibilidade de alguns parâmetros do modelo de decisão poderá prover o decisor de informações indispensáveis para a melhor decisão.

A análise de sensibilidade pode ser realizada variando-se, simultaneamente, todos os parâmetros de decisão do modelo, como pesos de critérios, diferentes funções de valor para critérios terminais etc. Contudo, decidiu-se, por questões de espaço, restringir a análise à variação

dos pesos dos critérios no primeiro nível da **árvore de decisão**. Essa análise, embora restrita, ilustrará a potencialidade do sistema para melhorar o processo de decisão, auxiliando o decisor na criação de novos cenários de decisão. Adicionalmente, apesar de inexistir alternativa dominante em relação às demais, somente as alternativas Fiat EP 4 portas, Gol 1000 e Fiat EP 2 portas serão consideradas nessa análise por terem apresentado os maiores escores no **Passo 5**.

Os novos cenários de decisão, representados pelos diferentes pesos dos critérios no primeiro nível da hierarquia, foram definidos pelos decisores a partir de várias questões do tipo: “Qual o escore de minhas alternativas quando determinado critério é o mais (ou o menos) importante?”. A partir dessa idéia básica, os decisores definiriam um conjunto bastante amplo de possibilidades. Na tabela a seguir é apresentado um subconjunto discreto e representativo dos distintos cenários de decisão analisados.

**Cenários de Decisão**

| Cenários | Pesos dos Critérios (Porcentagem) |          |            |         |          |
|----------|-----------------------------------|----------|------------|---------|----------|
|          | Custo                             | Conforto | Velocidade | Consumo | Estética |
| A        | 42                                | 18       | 8          | 18      | 16       |
| B        | 22                                | 20       | 21         | 19      | 18       |
| C        | 40                                | 15       | 16         | 16      | 13       |
| D        | 42                                | 21       | 0          | 17      | 18       |
| E        | 45                                | 18       | 10         | 19      | 8        |
| F        | 100                               | 0        | 0          | 0       | 0        |
| G        | 67                                | 33       | 0          | 0       | 0        |
| H        | 70                                | 0        | 0          | 30      | 0        |

Na figura 5 constam os escores obtidos para todos os cenários de decisão mostrados nessa tabela. Observa-se que a alternativa Fiat EP 4 portas apresenta os maiores escores, exceto para combinações extremas de pesos, principalmente aquelas em que o peso do critério **custos** apresenta valor superior a 0,6. Nessas condições, o Gol 1000 apresenta melhor desempenho. O modelo Fiat EP 2 portas é praticamente dominado pelas duas alternativas restantes.

**Passo 7 — Recomendação**

Esta etapa tem como objetivo definir com o decisor um conjunto de alternativas que pode ser considerado como solução aceitável para a decisão em pauta. Deve ser observado que para a maioria das decisões gerenciais é impossível definir uma e somente uma alternativa ca-

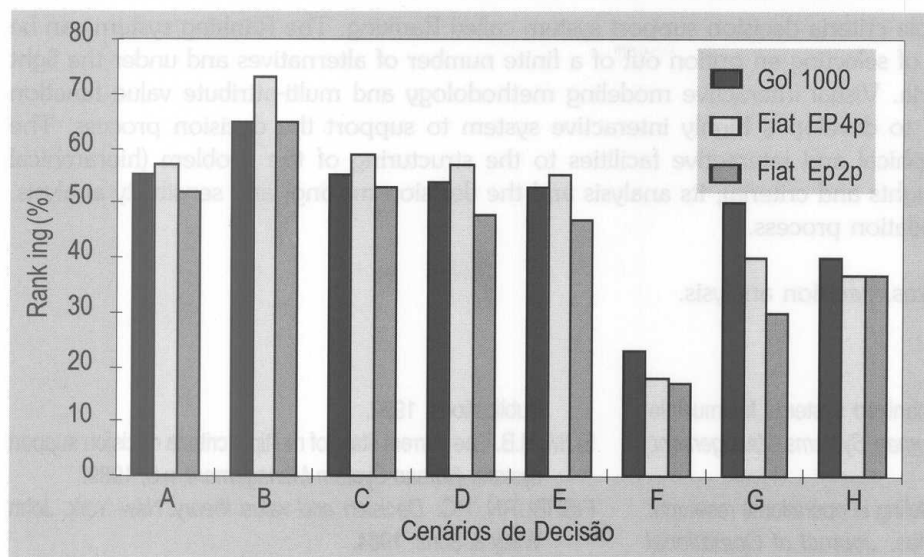


Figura 5: Efeitos da Análise de Sensibilidade nos Escores das Alternativas

paz de superar as demais, em todos os possíveis cenários de decisão. Portanto, esse conjunto tenderá a possuir mais de um elemento. Nesse sentido, o sistema *Ranking* não tem como objetivo definir a **melhor** solução para uma decisão, mas apoiar o decisor na definição de uma opção que seja entendida, preferida, aceita, apoiada e implementada com confiança.

Com relação ao exemplo utilizado, foi definido, a partir das análises realizadas, que a decisão final deveria ser tomada com base em cenários que privilegiassem combinações mais equilibradas entre os critérios **custos**, **conforto** e **consumo**. Os resultados apresentados na figura 5 sinalizam para a compra de um modelo Fiat EP 4 portas. Esse modelo de carro apresentou três aspectos positivos a seu favor (em relação ao seu custo de aquisição): o espaço interno, os opcionais (vidros elétricos, desembaçador traseiro e alarme) e as quatro portas, os quais acarretaram altos escores no critério **conforto**. Tal critério acabou por configurar-se no critério diferencial de análise. Os escores das alternativas para os dois outros critérios (**custos** e

**consumo**) eram bastante similares, levando-os a uma contribuição marginal à decisão final.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Neste artigo apresentou-se uma descrição sucinta de um protótipo de sistema de suporte à decisão para a análise de problemas que envolvam múltiplos critérios, denominado *Ranking*. A maior contribuição do sistema *Ranking* é a de introduzir um ambiente interativo e visual para decisões que envolvam múltiplos critérios. Adicionalmente, o programa permite que decisões complexas possam ser tomadas e justificadas de forma mais eficiente

e eficaz, facilitando o processo de implementação e comunicação da decisão final.

Outro mérito do sistema *Ranking* é o seu papel didático. O sistema pode servir como uma ferramenta de instrução e treinamento, tanto em cursos formais (de graduação e pós-graduação) como em de extensão (para administradores, gerentes e engenheiros) que versam sobre teoria de decisão. O uso do sistema facilitará o entendimento de conceitos e abordagens existentes em um processo de decisão multicritério, bem como permitirá a realização de aulas práticas envolvendo estudos de casos.

Atualmente, o sistema encontra-se em processo de validação. Apesar de o tempo de experimentação com o sistema *Ranking* ter sido curto, pôde-se observar que ele apresenta elevado potencial de utilização. Pode ser aplicado a vários problemas que envolvam a escolha de uma alternativa ou de um conjunto de alternativas à luz de muitos critérios. Isso se aplica a problemas simples, como a compra de um imóvel, e até a decisões complexas, como a definição de políticas públicas. ♦

## RESUMO

Neste artigo é apresentado o sistema de apoio a decisões envolvendo múltiplos critérios denominado *Ranking*. O sistema *Ranking* é direcionado para a resolução de problemas que envolvam a seleção de uma opção de ação a partir de um conjunto finito de alternativas e à luz de um conjunto finito de critérios. O sistema utiliza a metodologia de modelagem visual e o método de funções de valor multicritérios para apoiar o processo de decisão. Dentro desse contexto, o sistema oferece facilidades gráficas e interativas para a estruturação do problema (definição hierárquica de modelo, pesos e critérios); a análise e a tomada de decisão; e a análise de sensibilidade. O sistema *Ranking* encontra-se em processo de validação.

**Palavras-chave:** sistemas de apoio à decisão, análise de decisão.

ABSTRACT

This work presents a multiple criteria decision support system called Ranking. The Ranking system can be used to solve the problems of selecting an option out of a finite number of alternatives and under the light of a finite number of criteria. Visual interactive modeling methodology and multi-attribute value function techniques were combined to develop a highly interactive system to support the decision process. The Ranking system offers graphical and interactive facilities to the structuring of the problem (hierarchical definition of the model, weights and criteria); its analysis and the decision making; and sensibility analysis. The system is now in a validation process.

**Uniterms:** decision support systems, decision analysis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHERN, A.A. Designing humanized systems for multiple criteria decision making. *Human Systems Management*, v.10, p.221-231, 1991.

BELL, P.C. Visual interactive modeling in operational research: successes and opportunities. *Journal of Operational Research Society*, v.36, n.11, p.975-982, 1985.

BELTON, V. The use of a simple multiple-criteria model to assist in selection from a shortlist. *Journal of Operational Research Society*, v.36, n.4, p.265-274, 1985.

\_\_\_\_\_. *Multiple criteria decision analysis — practically the only way to choose*. Working Paper 90/10, University of Strathclyde, Nov. de 1990.

BELTON, V. & VICKERS, S. VISA — VIM for MCDA. In: LOCKETT, A.G. & ISLEI, G. (eds.). 9<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING, Proceedings. Manchester, UK, 1989.

EDWARDS, W. & NEWMAN, J.R. *Multiattribute evaluation*. Sage Publications, 1982.

EOM, H.B. The current state of multiple criteria decision support system. *Human System Management*, n.8, 1989.

FISHBURN, P.C. *Decision and value theory*. New York, John Wiley & Sons, 1964.

FRENCH, S. *Decision theory: an introduction to the mathematics of rationality*. Chischester, UK, Ellis Horwood Ltd., 1988.

HURRION, R.D. Visual interactive modelling. *European Journal of Operational Research*, v.23, p.281-287, 1986.

KEENEY, R.L. & RAIFFA, H. *Decision with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. New York, Wiley, 1976.

VON NEUMANN, J. & MORGENSTERN. *Theory of games and economic behavior*. New York, John Wiley & Sons, 1944.

WATSON, S.R. & BUEDE, D.M. *Decision synthesis*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1987.

ZELENY, M. *Multiple criteria decision making*. New York, McGraw-Hill, 1982.



**DIRETRIZES AOS COLABORADORES**

Os autores interessados podem requisitar uma cópia das Diretrizes aos Colaboradores da Rausp por carta, telefone, fax ou correio eletrônico.



por carta



por telefone



por fax



por e-mail

Secretaria Editorial  
Revista de Administração  
Caixa Postal 11.498  
05422-970 - São Paulo - SP

(011) 818-5922 ou 814-5500

(011) 814-0439

rausp@edu.usp.br

A Rausp encoraja os autores interessados a requisitarem as diretrizes antes de enviarem seus trabalhos.

Na Internet: <http://www.usp.br/feal/adm/rausp/p1.htm>