

## Modelagem do Risco no Apoio à Tomada de Decisão

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes

Ibmec/RJ – Av. Presidente Wilson, 118, Sala 1110,

CEP 20030-020 – Rio de Janeiro – RJ

[lautran@ibmec.edu.br](mailto:lautran@ibmec.edu.br)

### Risk Modelling in Decision Aid

**Abstract.** *This article presents the main characteristics of decision making in organizations. It explains decision aid and how to take risk into account in the analysis of decision processes. It proceeds by showing the most relevant elements of the TODIM method, developed aiming to consider risk in decision aid. Different applications and extensions of the method are mentioned and the reader is led to a survey of international references.*

**Keywords:** risk modelling, decision aid, decision processes

**Resumo.** *Este artigo apresenta as principais características da tomada de decisão nas organizações. Explica em que consiste o apoio à decisão e como considerar o risco em processos decisórios. Prossegue mostrando os elementos mais importantes do método TODIM, desenvolvido para considerar o risco no apoio à decisão. Diferentes aplicações e extensões desse método são mencionadas, assim como se oferece ao leitor uma listagem de referências internacionais sobre as mesmas.*

**Palavras-chave:** modelagem do risco, apoio à tomada de decisão, processos decisórios

### A Tomada de Decisão nas Organizações

Nas organizações as tomadas de decisão de naturezas tática e estratégica normalmente ocorrem no ambiente da governança corporativa. Assim, em colegiados, como conselhos de administração e diretoria, os *stakeholders* de diferentes categorias decidem sobre as ações cujas consequências se manifestarão a médio e longo prazos. Em alguns casos as organizações possuem comitês de risco, responsáveis por identificar, avaliar e analisar riscos. Estes riscos incluem usualmente riscos sobre o meio ambiente e sobre segurança pessoal e patrimonial.

De acordo com Rosseti e Andrade (2014, p. 111), tais *stakeholders* incluem geralmente os seguintes grupos: *shareholders* (proprietários e investidores); interessados internos (aqueles envolvidos com a geração de resultados, como conselho de administração e direção executiva, outros órgãos de governança e empregados); interessados externos (integrados à cadeia de negócios, como credores, fornecedores, clientes e consumidores); e interessados pertencentes ao entorno da organização (comunidades locais, sociedade como um todo, governos e ONGs).

Por conseguinte, as decisões tomadas no nível mais alto de uma organizações são frequentemente decisões em grupo. Neste contexto, e de acordo com Simon (1991), as decisões às quais se chega serão decisões satisfatórias (*satisficing*), uma vez que tanto a impossibilidade de tratamento computacional ou a falta de informação excluem a possibilidade concreta de uma busca de soluções ótimas, às quais se chegaria através de procedimentos de otimização matemática. Ainda assim, os métodos de apoio à tomada de decisão se apresentam como ferramentas totalmente apropriadas à comunicação e consequente análise e resolução do problema pelo grupo.

No apoio à decisão as decisões em grupo podem apresentar tanto aspectos positivos como negativos. Um dos aspectos negativos mais comuns na tomada de decisão em grupo refere-se ao efeito cascata. Este ocorre quando a decisão final decorre como consequência de quem falou primeiro no grupo, especialmente se esta pessoa ocupa uma alta posição na hierarquia da organização. Ainda como um possível resultado do efeito cascata, a polarização de opiniões pode ter efeito nefasto nas decisões em grupo. Como antídoto ao efeito cascata e à polarização de opiniões o facilitador ou mediador do processo decisório deve assegurar que todos os participantes (i.e., os *stakeholders*) elicitem suas preferências e opiniões, além de um tratamento objetivo e não emocional dos dados do problema.

Outro entrave que pode surgir na tomada de decisão em grupo decorre do não compartilhamento adequado e completo das informações que cada participante possui sobre o problema a ser resolvido. Relativamente a este possível entrave, o facilitador ou mediador precisa garantir que cada participante compartilhe efetivamente as informações das quais é detentor.

As mesmas armadilhas psicológicas da decisão que afetam decisores individuais podem também afetar grupos que decidem conjuntamente. Sobre estas armadilhas e seus possíveis antídotos, recomenda-se ao leitor a obra de Hammond, Keeney e Raiffa (1999, p. 189-216).

Uma técnica que tem sido muito usada na abordagem de processos de tomada de decisão em grupo é a técnica do grupo nominal. Esta tem semelhança com o brainstorming, porem cada participante é solicitado a gerar ideias solucionadoras do problema em silencio e por escrito, encorajando desta forma a criatividade individual. Em seguida, o facilitador ou mediador coleta todas as ideias assim geradas e apresenta-as sobre uma grande lousa. Inicia-se então uma discussão sobre cada ideia apresentada sobre a lousa, com a consequente explicitação dos aspectos positivos e negativos de cada uma destas. Passa-se em seguida à uma votação, produzindo-se uma ordenação (*ranking*) de cada ideia. A ideia melhor posicionada dentre todas é a solução do problema.

A técnica Delphi constitui-se em uma modificação da técnica do grupo nominal. No entanto, os participantes geralmente separados espacialmente uns dos outros. Assim procedendo-se, não há influencias de alguns participantes sobre outros, o que é sempre desejável. Normalmente um processo Delphi consome um tempo apreciável e, por conseguinte, é usado principalmente para se produzir soluções para problemas altamente complexos. As etapas do emprego da técnica Delphi são geralmente as seguintes: (1) identifica-se o problema e seleciona-se uma amostra de expertos; (2) através de questionários cuidadosamente concebidos, solicita-se a cada experto que forneça uma solução potencial para o problema; (3) cada experto devolve o questionário preenchido;

(4) o facilitador ou mediador compila os resultados dos questionários; (5) partindo dos resultados do questionário já respondido, o facilitador ou mediador prepara um segundo questionário, tendo como base as respostas dadas ao primeiro questionário; (6) cada participante recebe uma cópia dos resultados do questionário anteriormente respondido com o segundo questionário elaborado no item (5) acima – cada participante é agora solicitado a responder este segundo questionário, podendo esta etapa produzir novas soluções para o problema ou causar modificações nas posições individuais anteriores; (7) repete-se o procedimento até que se chegue a um consenso.

A técnica de *brainstorming*, por sua vez, é uma das mais utilizadas na tomada de decisão em grupo. Uma sessão de *brainstorming* é, de um modo geral, relativamente desestruturada. O facilitador ou mediador do processo deve zelar para todos os participantes tenham um entendimento pleno do problema a ser resolvido. Em seguida, ele/ela pede que cada participante gere ideias para resolvê-lo. O *brainstorming* eletrônico minimiza a chance de ocorrer inibições na geração e expressão de novas ideias pelos participantes [Raiffa, Richardson e Metcalfe 2002].

Uma vez que a tomada de decisão nas organizações normalmente ocorrem na presença de múltiplos critérios, quantitativos e qualitativos, torna-se indispensável o emprego de métodos multicritério. Para as decisões de natureza operacional usam-se as mesmas técnicas acima descritas, além de Sistemas de Apoio Multicritério à Decisão Grupal ou, simplesmente, métodos multicritério adaptados à tomada de decisão em grupo. Os Sistemas de Apoio Multicritério à Decisão Grupal (GMDSS) são softwares que tem neles embutidos métodos multicritério adaptados a tomada de decisão em grupo. No entanto, mesmo que uma organização não disponha de um GMDSS, tais métodos multicritério podem ser empregados uma vez que estejam presentes os seguintes fatores que caracterizam uma decisão complexa: (a) o número das alternativas geradas como potenciais soluções para o problema é finito; e (b) os critérios para avaliação de tais alternativas são quantitativos e qualitativos. Para uma apresentação de alguns desses métodos recomenda-se ao leitor o cotejo de obras como Gomes e Gomes (2014), Zopounidis e Pardalos (2010) e Ehrgott, Figueira e Greco (2010), dentre várias outras. Além destas características, observe-se que o emprego de métodos para apoio multicritério à decisão é particularmente desejável quando se almeja a transparência do processo de resolução do problema, uma vez que as diferentes etapas da avaliação ficam documentadas, normalmente por meio de matrizes.

### **O Risco no Apoio à Tomada de Decisão**

Na identificação do conjunto de critérios a serem considerados, qualquer que seja o nível em que a decisão deve ser tomada – estratégico, tático ou operacional – ou a problemática de decisão em curso – escolha, ordenação, classificação ou descrição [Roy e Bouyssou 1993] –, o risco aparece como um dos critérios intervenientes. Assim, através da construção de matrizes de decisão, se visualizarão as medidas de desempenho de cada alternativa com relação a cada um dos critérios de decisão, aqui incluído o risco. Após a avaliação das alternativas em relação a todos os critérios, obtém-se a matriz de decisão ou de avaliação, onde os valores são todos numéricos. Faz-se então a normalização dos mesmos, empregando-se, para cada critério, a divisão da medida de desempenho de uma alternativa pela soma das medidas de todas as alternativas. Essa normalização é feita para cada critério, obtendo-se assim uma matriz, onde todos os valores estão entre zero e um, designada por  $W = [W_{nm}]$ , sendo que  $n$  indica o número de alternativas e  $m$  o número de

critérios, conforme se mostra na Figura 1. Nesta figura,  $W_{ij}$  é a medida do desempenho da alternativa  $i$  com relação ao critério  $j$ .

Alternativas	Critérios					
	$C_1$	$C_2$	...	$C_j$	...	$C_m$
$A_1$	$W_{11}$	$W_{12}$	...	$W_{1j}$	...	$W_{1m}$
$A_2$	$W_{21}$	$W_{22}$	...	$W_{2j}$	...	$W_{2m}$
...	...	...	...	...	...	
$A_i$	$W_{i1}$	$W_{i2}$	...	$W_{ij}$	...	$W_{im}$
...	...	...	...		...	...
$A_n$	$W_{n1}$	$W_{n2}$	...	$W_{nj}$	...	$W_{nm}$

Figura 1 – Matriz de decisão

São vários os métodos multicritérios que, a partir de matrizes já normalizadas, como a mostrada na Figura 1, ou de matrizes brutas (isto é, anteriores à normalização), através de conhecimentos adicionais (por exemplo, o grau de importância relativa de cada critério de decisão) e por meio da aplicação de métodos multicritério, conduzem à identificação da melhor alternativa dentre todas (problemática da escolha), da ordenação das alternativas (problemática do ordenamento), ou da classificação de alternativas (problemática da classificação).

O risco, na tomada de decisão multicritério, é entendido como sendo a probabilidade de que um particular critério de decisão não seja atendido plenamente. Por conseguinte, o risco associado à escolha de uma alternativa bem definida é multidimensional. Os agentes de decisão (isto é, os avaliadores ou participantes do processo de apoio à decisão), portanto, terão atitudes em face ao risco que variarão de acordo com cada critério.

Optamos por apresentar aqui os fundamentos e uma aplicação do primeiro método multicritério discreto (ou seja, que lida com um número finito de alternativas) destinado a ordenar alternativas cujo desenvolvimento teve como inspiração a descrição de como os indivíduos decidem em face ao risco. Tal método denomina-se TODIM (acrônimo de TOMada de Decisão Interativa e Multicritério). O desenvolvimento deste método veio de encontro à necessidade de se compreender os processos e as limitações mentais de quem toma decisão. Sobre isto, existem dois paradigmas dominantes no Apoio à Decisão – a Teoria da Utilidade Esperada [von Neumann e Morgenstern 2007] e a Teoria dos Prospectos [Kahneman e Tversky 1979]. Enquanto a Teoria da Utilidade Esperada reflete uma visão normativa da decisão, a Teoria dos Prospectos (também denominada Teoria das Perspectivas) descreve como se toma decisões na presença do risco. Como toda e qualquer decisão implica em se incorrer em algum tipo de risco – ao menos o risco de não se atender, a um nível minimamente adequado, aos objetivos do problema –, pode-se dizer que tanto uma como outra teoria são paradigmas decisoriais em competição um com o outro: enquanto o primeiro estabelece a norma segundo a qual o ser racional procura, quando decide, maximizar uma medida da utilidade por ele esperada, o segundo, calcado

em observações empíricas, reza que a racionalidade do tomador de decisão, confrontado com o risco, passa por uma ponderação relativa de ganhos e perdas, sempre definidos com relação a um ponto de referência.

Como ilustração do arcabouço conceitual da Teoria dos Prospectos, considere-se os dois problemas aparentemente distintos descritos a seguir. Estes dois problemas acham-se transcritos em Gomes (2007) e foram originalmente publicados em Tversky e Kahneman (1981). Problema 1: Uma cidade se prepara para combater um vírus raro e altamente letal e, para isto, desenvolveu dois programas de tratamento alternativos, designados por Programa A e Programa B. Espera-se a ocorrência de 600.000 casos fatais da doença, sendo que a adoção do Programa A implica na salvação de 200.000 pessoas, ao passo que, com a adoção do Programa B, haverá uma chance de 1 para 3 de que se salve 600.000 pessoas e uma chance de 2 para 3 de que ninguém se salve. Deve-se decidir sobre qual dos dois programas adotar. Quando se apresenta este problema, tipicamente cerca de 70% dos respondentes optam pelo Programa A, enquanto o restante opta pelo Programa B; a escolha da maioria (70%), assim caracterizada, mostra uma aversão ao risco. Problema 2: Para combater o mesmo vírus, desenvolveram-se dois novos programas, o Programa C e o Programa D; adotando-se o primeiro, estima-se que 400.000 pessoas morrerão, enquanto que, com a adoção do Programa D, haverá uma chance de 1 para 3 de que ninguém morrerá e uma chance de 2 para 3 de que 600.000 pessoas sucumbirão ao vírus. Como no Problema 1, necessita-se optar por um dos dois programas. Tipicamente cerca de 20% dos respondentes escolhe o Programa C, ao passo que o restante opta pelo Programa D; a escolha da maioria (80%) indica uma propensão ao risco.

A conclusão geral à qual se chega, partindo-se do experimento acima – e de vários outros experimentos equivalentes – é que, quando se formula um problema de decisão em termos de ganhos, as escolhas são geralmente avessas ao risco. Por outro lado, quando se formula aquele mesmo problema em termos de perdas, as escolhas tendem a ser propensas ao risco. No exemplo acima, é fácil ver-se que os dois problemas são idênticos, apenas diferindo pelos enquadramentos distintos – no Problema 1, em termos de ganhos e, no Problema 2, em termos de perdas. Além disto, tomando-se o número de vidas salvas, no Problema 1, como a medida da utilidade, observa-se que o cálculo da utilidade esperada, para cada um dos dois programas A e B, conduz ao mesmo valor – 200.000 vidas salvas. No caso do Problema 2, aliás, a consequência é precisamente a mesma, tanto para o Programa C como para o Programa D – 400.000 perecerão, isto é, 200.000 pessoas serão salvas. Ainda assim, os respondentes reagiram de formas diferentes – e contrárias ao que se preconizaria pela Teoria da Utilidade Esperada – aos dois enquadramentos distintos.

O exemplo acima sugere que a Teoria dos Prospectos provê um arcabouço mais amplo, partindo-se de uma descrição de como se decide efetivamente em face ao risco, do que a Teoria da Utilidade Esperada. Ora, a decisão sempre ocorre na presença de algum tipo de incerteza e, portanto, de risco. Quando se estuda a decisão não se pode, por conseguinte, pretender ignorar o comportamento humano em face ao risco. Assim, é natural que um paradigma decisional como a Teoria dos Prospectos naturalmente se estabeleça como base para o Apoio Multicritério à Decisão. O método multicritério TODIM foi, assim, o primeiro método de apoio à decisão tendo em sua fundamentação a Teoria dos Prospectos.

## **O Método TODIM, suas Várias Extensões e Aplicações**

O método multicritério TODIM foi concebido e foi objeto de dois artigos publicados em revista científica europeia ao início dos anos 90 (Gomes e Lima, 1991; 1992). Trata-se de um método multicritério discreto fundamentado na Teoria dos Prospectos. Assim sendo, enquanto praticamente todos os demais métodos multicritério partem da premissa de que o tomador de decisão decide buscando sempre a solução correspondente ao máximo de alguma medida global de valor – por exemplo, o maior valor possível de uma função de utilidade multiatributo, no caso da MAUT (Keeney e Raiffa, 1993) –, o método TODIM faz uso da noção de uma medida global de valor calculável pela aderência ao paradigma em que consiste a Teoria dos Prospectos. Com isto, o método se alicerça sobre uma descrição, comprovada por evidências empíricas, de como as pessoas efetivamente decidem em face ao risco: aversão ao risco no domínio dos ganhos e propensão ao risco, no domínio das perdas. Tal descrição acha-se representada visualmente pela função de valor do método TODIM (Figura 2). Assim procedendo, o método TODIM, além de poder considerar o risco como um critério de decisão, leva em consideração, em sua própria formulação matemática, a atitude do agente de decisão – participante no processo de decisão – com relação ao risco, seja ela de aversão ou de propensão ao mesmo.

De modo a poder aplicar o paradigma da Teoria dos Prospectos a uma base de dados proveniente de cálculos e de juízos de valor, o método TODIM deve testar formas específicas das funções de perdas e de ganhos. Estas, uma vez validadas empiricamente, servirão para construir-se a função de diferença aditiva do método, a qual fornece medidas de dominância de cada alternativa sobre cada outra alternativa. Embora pareça complicado ter-se que testar aquela validade da aplicação do paradigma à base de dados – o que poderia eventualmente obrigar o analista de decisão a usar outras formas das funções de perdas e de ganhos –, na verdade não o é, pois, desde os primeiros usos práticos do método TODIM, publicados na literatura sobre o Apoio Multicritério à Decisão ainda no início dos anos noventa, as mesmas duas formas matemáticas tem sido empregadas com sucesso, tendo sido validadas empiricamente em diferentes aplicações. Uma apresentação completa da teoria do método TODIM pode ainda ser encontrada em Gomes, Araya e Carignano, p. 137-157 (2004).

A partir da construção da já mencionada função de diferença aditiva do TODIM – a qual funciona como uma função de valor multiatributo e, como tal, deve ter seu uso também validado, pela verificação da condição de independência preferencial mútua (Keeney e Raiffa, 1993; Clemen e Reilly, 2001) – o método conduz a uma ordenação global das alternativas. Observe-se que se constrói a função de valor multiatributo – ou função de diferença aditiva – do método TODIM partindo-se de uma projeção das diferenças entre os valores de duas alternativas quaisquer (percebida em relação a cada critério) sobre um critério referencial ou critério de referência. O conceito de função de diferença aditiva empregado pelo método TODIM baseia-se na pesquisa de Tversky sobre o tratamento analítico da multidimensionalidade de uma função de valor (Tversky, 1969).

O método TODIM faz uso de comparações por pares entre os critérios de decisão, possuindo recursos tecnicamente simples e corretos para eliminar eventuais inconsistências provenientes dessas comparações. Também permite efetuar-se juízos de valor em uma escala verbal, utilizar uma hierarquia de critérios, juízos de valor nebulosos e fazer uso de relações de interdependência entre alternativas [Gomes, Araya e Carignano 2004]. Mais recentemente, formulações do método TODIM levando em conta as

interações entre critérios de decisão através do emprego da integral de Choquet tem sido objeto de artigos científicos [Gomes, Machado, González e Rangel 2013].

Roy e Bouyssou (1993), sobre o método TODIM, afirmam que este é: “...um método tendo como base a Escola Francesa e a Escola Americana. Combina aspectos provenientes da Teoria de Utilidade Multiatributo, do método AHP e dos métodos ELECTRE” (p. 638). A idéia, presente na formulação do método TODIM, de introduzir-se na mesma função de valor multiatributo expressões de perdas e de ganhos auferidos a esse método alguma similaridade com os métodos PROMÉTHÉE [Brans e Mareschal 2002], que fazem uso da noção de fluxo líquido de superação. Pomerol e Barba-Romero (2000) compreenderam isto, afirmando o seguinte, a respeito do método TODIM: “baseia-se em uma noção bastante parecida com a de fluxo líquido, no sentido do PROMÉTHÉE” (p. 229).

Considere-se um conjunto de  $n$  alternativas a serem ordenadas na presença de  $m$  critérios quantitativos ou qualitativos, e admita-se que um destes critérios pode ser considerado como o de referência. Após a definição destes elementos, pede-se a especialistas que estimem, para cada um dos critérios qualitativos  $c$ , a contribuição de cada alternativa  $i$  para o objetivo associado ao critério. Este método requer que os valores das avaliações, das alternativas em relação aos critérios, sejam numéricos e que sejam normalizados. Com isto, os critérios qualitativos avaliados eventualmente numa escala verbal ou nominal são transformados numa escala cardinal. As avaliações dos critérios quantitativos são obtidas através dos desempenhos das alternativas em relação aos critérios, como por exemplo, nível de ruído em decibéis, potência de um motor em HP, nota de um aluno em uma disciplina etc.

Após a avaliação das alternativas em relação a todos os critérios, obtém-se a matriz de avaliação, onde os valores são todos numéricos. Faz-se então a normalização dos mesmos, empregando-se, para cada critério, a divisão do valor de uma alternativa pela soma de todas as alternativas. Essa normalização é feita para cada critério, obtendo-se assim uma matriz, onde todos os valores estão entre zero e um, denominada matriz de desempenho  $W = [W_{nm}]$ , sendo que  $n$  indica o número de alternativas e  $m$  o número de critérios, conforme se mostra na Tabela 1. Uma vez que a escala onde se lê a medida do desempenho estimado de cada alternativa com respeito a cada critério é determinada a partir do próprio conjunto de alternativas, por meio da normalização supracitada, pode-se minimizar a eventual ocorrência de reversão de ordem pelos dois caminhos seguintes: (i) adição de uma alternativa nova que contribua para expandir o intervalo de variação dos valores normalizados; ou, alternativamente, (ii) ponderação de cada alternativa com relação a um critério com o valor de uma unidade da escala em que o critério é medido [Belton e Stewart 2002, p. 159].

Depois da atribuição dos pesos dos critérios e de sua normalização, deve-se calcular as matrizes de dominância parciais e a matriz de dominância final. Os tomadores de decisão devem escolher aleatoriamente o critério de referência  $r$ , com relação ao qual as taxas de substituição serão obtidas. Assim,  $a_{rc}$  representa a taxa de substituição do critério em análise  $c$  em relação ao critério de referência  $r$ . A medida de dominância de cada alternativa  $i$  sobre cada alternativa  $j$ , incorporada agora à Teoria dos Prospectos, é dada pela expressão matemática (1):

$$\delta(i, j) = \sum_{c=1}^m \Phi_c(i, j), \forall(i, j) \quad (1)$$

onde:

$$\Phi_c(i, j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{a_{rc} (W_{ic} - W_{jc})}{\sum_{c=1}^m a_{rc}}} & \text{se } (W_{ic} - W_{jc}) > 0, & (2) \\ 0 & \text{se } (W_{ic} - W_{jc}) = 0, & (3) \\ \frac{-1}{\theta} \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^m a_{rc} (W_{jc} - W_{ic})}{a_{rc}}} & \text{se } (W_{ic} - W_{jc}) < 0, & (4) \end{cases}$$

Nas expressões acima tem-se:

$\delta(i,j)$  representa a medida de dominância da alternativa  $i$  sobre a alternativa  $j$ ;

$m$  é o número de critérios e  $n$  é o número de alternativas;

$c$  é um critério qualquer, para  $c = 1, \dots, m$ ;

$a_{rc}$  é a taxa de substituição do critério  $c$  pelo critério de referência  $r$ ;

$W_{ic}$  e  $W_{jc}$  são, respectivamente, os pesos das alternativas  $i$  e  $j$  em relação a  $c$ ;

$\theta$  é o fator de atenuação das perdas.

A expressão  $\Phi_c(i,j)$ , representa a parcela de contribuição do critério  $c$  à função  $\delta(i,j)$ , quando se compara a alternativa  $i$  com a alternativa  $j$ . Caso o valor de  $W_{ic} - W_{jc}$  seja positivo, representará um ganho para a função  $\delta(i,j)$  e, portanto, será usada a expressão de  $\Phi_c(i,j)$ , correspondente, isto é, à equação (2). Caso  $W_{ic} - W_{jc}$  seja nulo, será atribuído o valor zero para  $\Phi_c(i,j)$ , aplicando-se a equação (3). Se  $W_{ic} - W_{jc}$  for negativo,  $\Phi_c(i,j)$  será representado pela equação (4). A construção da função  $\Phi_c(i,j)$  permite, na verdade, o ajustamento dos dados do problema à função de valor da Teoria dos Prospectos, explicando-se assim a aversão e a propensão ao risco. Tal função tem a forma de “S”, representada na Figura 2. Acima do eixo horizontal, considerado como referência desta análise, tem-se uma curva côncava representando os ganhos, e, abaixo do eixo horizontal, tem-se uma curva convexa representando as perdas. A parte côncava reflete a aversão ao risco em face aos ganhos, e a parte convexa, por sua vez, simboliza a propensão ao risco, quando se trata de perdas.



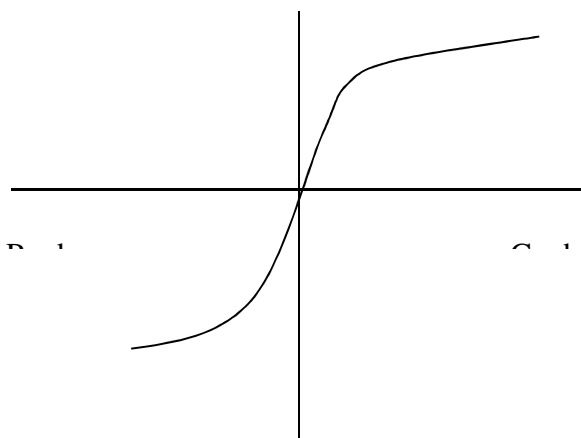


Figura 2 – Função de Valor do Método TODIM

Depois de calculadas as diversas matrizes de dominância parciais, uma para cada critério, obtém-se a matriz de dominância final  $\delta(i,j)$ , através da soma dos elementos das diversas matrizes.

A matriz de dominância final é então normalizada, usando-se a expressão (5), para obter o valor global de cada alternativa. Deve-se interpretar cada número calculado como a medida da desempenho global, ou, simplesmente, como o valor global de uma alternativa específica. A ordenação das alternativas origina-se da ordenação de seus respectivos valores.

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \min_i \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)}{\max_i \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \min_i \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (5)$$

Portanto, o método TODIM determina, a partir das preferências expressas por tomadores de decisão, uma escolha, ao ordenar todas as alternativas. Mudando-se tal conjunto de preferências, pode-se eventualmente chegar um novo resultado, por meio de uma análise de sensibilidade.

O leitor pode corretamente imaginar que existam outros métodos para ordenar alternar alternativas na presença de múltiplos critérios, além do método TODIM. Naturalmente, é sempre bom comparar métodos, aplicáveis a um mesmo problema prático, com vista a aprender-se mais e mais sobre as vantagens e desvantagens de cada um deles. Sobre a comparação entre diferentes métodos, recomenda-se a leitura do recente artigo de Leonetti (2016), no qual este autor compara os métodos SAW [Churchman, Ackoff e Smith (1954)], TOPSIS [Hwang e Yoon (1981)], ELECTRE III [Roy e Bouyssou (1993)], PROMÈTHÈE II [Brans e Mareschal (2002)] e TODIM. Obtendo as ordenações (isto é os *rankings*) finais para o conjunto de alternativas, Leonetti conclui que as ordenações obtidas pelo método TODIM não possuem uma correlação significativa com aquelas oriundas das aplicações dos demais métodos, o que provavelmente, segundo aquele autor, se deve ao fato da estrutura do TODIM diferir dos demais métodos por ele considerados em seu artigo. Isto nos conduz a um importante elemento que jamais pode ser ignorado quando métodos distintos são comparados entre

si: possuindo bases axiomáticas e pressupostos diferentes, quaisquer comparações entre métodos devem ser feitas com extremo cuidado. Da mesma forma, no apoio à tomada de decisão é geralmente errado fazer-se uso combinado de métodos com diferentes bases axiomáticas e pressupostos.

No que concerne a estruturação do problema de decisão o método TODIM, em sua formulação do início dos anos 90, consistia essencialmente em um método multicritério para ordenamento e seleção de alternativas. Hoje, no entanto, existem várias extensões daquela formulação inicial, as quais podem ser utilizadas, dentre várias outras possibilidades práticas, para fins de classificação [Passos e Gomes 2014]; tomada de decisão em grupo [Lee e Shih 2015]; apoio à tomada de decisão quando os dados do problema são nebulosos (ou *fuzzy*) [Krohling e de Souza 2012]; em análise para fins de localização [Machado, Gomes, Santos e Caldeira 2015]; apoio à tomada de decisão quando tanto a nebulosidade (ou *fuzziness*) dos dados quanto a intuição dos participantes devem ser levadas em conta de modo combinado [Li, Wu, Zhang e You 2015]; e em simulação social computacional [Paredes-Frigolett, Gomes e Retamales 2016]. De modo a se cotejar boa parte dos vários artigos publicados até o presente (agosto de 2016) sobre o método TODIM e suas extensões, recomenda-se copiar e colar o link seguinte: [https://www.dropbox.com/home/20161991\\_Papers%20on%20TODIM%20and%20its%20extensions](https://www.dropbox.com/home/20161991_Papers%20on%20TODIM%20and%20its%20extensions). Desde as primeiras publicações sobre o método TODIM várias extensões do mesmo foram propostas e usadas por distintos autores. Além disto, o método foi empregado para abordar um espectro amplo de aplicação como planejamento dos negócios, avaliação educacional, avaliação de imóveis, gestão de recursos energéticos, gestão hospitalar, avaliação ambiental, planejamento logístico e planejamento rodoviário, dentre várias outras aplicações práticas. TODIM é, hoje, um enfoque multicritério que, tendo surgido na literatura ao início dos anos 90, possui diferentes formulações analíticas, extensões daquela formulação inicial e destinadas a abordar diferentes categorias de problemas práticos de tomada de decisão. Portanto, a partir do trabalho inicialmente desenvolvidos em universidades no Rio de Janeiro, faz-se uso atualmente daquele enfoque em todos os continentes do planeta, como uma consulta ao link transcrito acima indica. A nosso ver, o sucesso do método TODIM constitui-se em um dos vários exemplos da importância da pesquisa metodológica e aplicada nas universidades brasileiras.

## Referências

- Belton, V. e Stewart, T.J. (2002) Multiple Criteria Decision Analysis An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Brans, J-P. e Mareschal, B. (2002) PROMÉTHÉE-GAIA Une Méthodologie d'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples. Éd. de l'Université de Bruxelles/Éd. Ellipses, Bruxelles/Paris.
- Churchman, C.W., Ackoff, R.L. e Smith, N.M. (1954) "An Approximate Measure of Value". Operations Research, Vol. 2, N. 2, p. 172-187.
- Clemen, R.T. e Reilly, T. (2001) Making Hard Decisions with DecisionTools®. Ed. Duxbury/Thomson Learning, Pacific Grove.
- Ehrgott, M., Figueira, J.R. e Greco, S. (eds.) (2010) Trends in Multiple Criteria Decision Analysis. Ed. Springer, Heidelberg.

- Gomes, L.F.A.M. (2007) Teoria da Decisão. Ed. Thomson, São Paulo.
- Gomes, L.F.A.M. e Lima, M.M.P.P. (1991) TODIM: “Basics and Application to Multicriteria Ranking of Projects with Environmental Impacts”. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, Vol. 16, N. 4, p. 113-127.
- Gomes, L.F.A.M. e Lima, M.M.P.P. (1992) “From Modeling Individual Preferences to Multicriteria Ranking of Discrete Alternatives: A Look at Prospect Theory and the Additive Difference Model”. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, Vol. 17, N. 3, p. 171-184.
- Gomes, L.F.A.M., Araya, M.C.G. e Carignano, C. (2004) Tomada de Decisões em Cenários Complexos. Pioneira Thomson, São Paulo.
- Gomes, L.F.A.M. e Gomes, C.F.S. (2014) Tomada de Decisão Gerencial Enfoque Multicritério. 5a ed. Ed. Atlas, São Paulo.
- Gomes, L.F.A.M., Machado, M.A.S., González, X.I. e Rangel, L.A.D. (2013) “Behavioral Multi-Criteria Decision Analysis: The TODIM Method with Criteria Interactions”. *Annals of Operation Research*, Vol. 211, No. 1, p. 531–548.
- Hwang, C.L. e Yoon, K. (1981) Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer, New York.
- Hammond, J.S., Keeney, R.L. e Raiffa, H. (1999) Smart Choices A practical Guide to Making Better Decisions. Harvard Business School Press, Boston.
- Kahneman, D. e Tversky, A. (1979) “Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk”. *Econometrica*, Vol. 47, N. 2, p. 263-292.
- Keeney, R.L. e Raiffa, H. (1993) Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge University Press, Cambridge.
- Krohling, R.A. e de Souza, T.T.M. (2012) “Combining Prospect Theory and Fuzzy Numbers to Multi-criteria Decision Making”. *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, N. 4, p. 11487-11493.
- Lee, Y-S. e Shih, H-S. (2015) “A Study of Behavioral Considerations Based on Prospect Theory for Group Decision Making”. *International Journal of Information and Management Sciences*, Vol. 26, p. 103-122.
- Leoneti, A.B. (2016) “Considerations Regarding the Choice of Ranking Multiple Criteria Decision Making Methods”. *Pesquisa Operacional*, Vol. 36, N. 2, p. 259-277.
- Li, M., Wu, C., Zhang, L. e You, L-N. (2015) “An Intuitionistic Fuzzy-TODIM Method to Solve Distributor Evaluation and Selection Problem”. *International Journal of Simulation Modelling*, Vol. 14, N. 3, p. 511-524.
- Machado, M.A.S., Gomes, L.F.A.M., Santos, D.J. e Caldeira, A.M. (2015) Using a Bipolar Choquet Neural Network to Locate a Retail Store. *Procedia computer Science*, Vol. 55, p. 741-747.
- von Neumann, J. e Morgenstern, O. (2007) Theory of Games and Economic Behavior 60th Anniversary Commemorative Edition. Princeton University Press, Princeton.

- Passos, A.C. e Gomes, L.F.A.M. (2014) “TODIM-FSE: A Multicriteria Classification Method Based on Prospect Theory”. *Multiple Criteria Decision Making*, Vol. 9, p. 123-139.
- Paredes-Frigolett, H., Gomes, L.F.A.M. e Retamales, J.P. (2016) “Extending Agent-based Modeling Via Multicriteria Decision Analysis”. In: *Joining Complexity Science and Social Simulation for Innovation Policy Agent-based Modelling Using the SKIN Platform*, p. 181-205, Ahrweiler, P., Gilbert, N. e Pyka, A. (eds.). Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne.
- Pomerol, J-C. e Barba-Romero, S. (2000) *Multicriterion Decision in Management: Principles and Practice*. Ed. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Raiffa, H., Richardson, J. e Metcalfe, D. (2002) *Negotiation Analysis The Science and Art of Collaborative Decision Making*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Rosseti, J.P. e Andrade, A. (2014) *Governança Corporativa Fundamentos, Desenvolvimento e Tendências*, 7ª ed. Ed. Atlas, São Paulo.
- Roy, B. e Bouyssou, D. (1993) *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*. Ed. Economica, Paris.
- Simon, H. (1991) “Bounded Rationality and Organizational Learning”. *Organization Science*, Vol. 2, N. 1, p. 125–134.
- Tversky, A. (1969) “The intransitivity of Preferences”. *Psychological Review*, Vol. 76, N. 1, 31–48.
- Tversky, A. e Kahneman, D. (1981) “The Framing of Decisions and the Psychology of Choice”. *Science*, New Series, Vol. 211, N. 4481, Jan. 30, p. 453-458.
- Zopounidis, C. e Pardalos, P.M. (eds.) (2010) *Handbook of Multicriteria Analysis*. Ed. Springer, Heidelberg.