

# Modelo de decisão multiatributo para classificar o nível de importância dos atributos que influenciam a aquisição de bens duráveis

Marcele Elisa Fontana (UFPE – PE/Brasil) - marcelalisa@gmail.com  
• Centro Acadêmico do Agreste - CAA – Rodovia BR-104, km 59, Nova Caruaru-Caruaru, 55002-970

**RESUMO** Muitos são os atributos objetivos e subjetivos que influenciam os indivíduos no momento da aquisição de um bem durável. Inúmeros estudos estatísticos são realizados com o intuito de avaliar quais são estes fatores, dentro de uma população específica. Contudo, existem situações, que envolvem um pequeno grupo de decisores (DMs) ( $m \leq 20$ ), em que uma análise estatística não é apropriada. Além disso, normalmente, a avaliação de atributos subjetivos é feita por meio de uma escala nominal. No entanto, em geral, os indivíduos apresentam dificuldades neste tipo de avaliação. Por isto, neste artigo propõem-se um modelo para medir a influência de atributos no momento da aquisição de um bem por um pequeno grupo de decisores. Este combina dois métodos: (1) o uso do Procedimento Revisado de Simos, para realizar a inferência das preferências dos atores envolvidos por meio de uma ordenação dos atributos utilizando um procedimento de “jogos de cartões”; e (2) o método Electre Tri para agregar as preferências dos  $m$  decisores. Conclui-se que o modelo é eficiente na mensuração do nível de importância dos atributos, bem como em sua categorização.

**Palavras-chave** Decisão em Grupo. Atributos Subjetivos. Aquisição de Bens. Procedimento Revisado de Simos. Método Electre Tri.

**ABSTRACT** *There are many objective and subjective attributes that influence individuals at the time they are acquiring goods. Numerous statistical studies are conducted in order to determinate these attributes, within a specified population. However, there are situations involving small decision makers (DMs) groups ( $m \leq 20$ ), in which a statistical analysis is not appropriate. Moreover, usually the assessment of the subjective aspects is performed by a nominal scale. Yet, generally, people have difficulties with this type of evaluation. Therefore, this paper proposes a model to measure the attributes influence on the purchase of goods by a small decision makers group. It combines two methods: (1) the use of the Revised Simos Procedure to perform the inference of the actors' preferences involved by ranking the attributes using a procedure of “play cards”; and (2) the Electre Tri method to aggregate the preferences of the  $m$  decision makers. The model was proven efficient in measuring the importance level of the attributes, as well as in their categorization.*

**Keywords** *Group Decision. Subjective Attributes. Acquisition of Goods. Revised Simos Procedure. Electre Tri Method.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os consumidores, ao elaborarem suas escolhas com relação a algum produto ou serviço, normalmente se deparam com uma série de passos, que se inicia com a identificação da necessidade e é completada com o uso e apreciação do que comprou. A tomada de decisão por parte do consumidor é uma tarefa cotidiana e que se reveste de atributos pessoais quanto à escolha, compra e uso de produtos e serviços. Estas decisões podem variar de simples a complexas, dependendo das alternativas de compras disponíveis em cada momento (PIRES; MARCHETTI, 2000).

Bens duráveis são complexos, com inúmeros atributos salientes que podem ser motivos de decisão de compra. O estudo e a mensuração dos atributos são fundamentais ao entendimento das crenças do consumidor em relação a um determinado produto ou marca (LEMOS; SLOGO, 2008).

De maneira geral, as pessoas têm dificuldades em expressar suas preferências sobre múltiplos atributos, principalmente se estes forem subjetivos (qualitativos), tornando mais difícil o processo de quantificação do nível de influência que cada atributo tem sobre a aquisição de um bem. Por este motivo é usual utilizar escalas nominais para avaliar os atributos. Comumente, após esta avaliação nominal, são atribuídos valores numéricos, tais como: (3) ótimo, (2) bom e (1) ruim. A partir destes valores é possível, então, utilizar métodos para avaliar as preferências destes consumidores e classificar ou ranquear suas opiniões em uma visão global do problema em questão.

No entanto, este tipo de escala apresenta algumas desvantagens. Suponha-se, por exemplo, um conjunto contendo três bens,  $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ , em que um consumidor  $D_1$  avalia que os bens têm a seguinte relação de preferência:  $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3$  (lê-se  $x_1$  preferível a  $x_2$ , que por sua vez é preferível a  $x_3$ ). Atribuindo-se esta ordenação em uma escala nominal simples, obtém-se, por exemplo: ' $x_1$ ' como ótima, ' $x_2$ ' como boa e ' $x_3$ ' como ruim. Porém, o consumidor não considera a alternativa  $x_3$  ruim, apesar de  $x_2$  ser preferível a  $x_3$  ( $x_2 \rightarrow x_3$ ). Neste caso, as alternativas são semelhantes na opinião do indivíduo, apresentando apenas uma pequena preferência de uma pela outra, mas não são iguais, ou seja, ele não é indiferente entre elas. Estes casos acarretam dificuldades na cardinalização das avaliações.

No exemplo foram utilizados apenas três níveis na escala nominal. Um aumento destes níveis pode ser uma alternativa no caso relatado. Porém, a escolha da escala mais apropriada é uma tarefa complexa e pode variar de consumidor para consumidor, o que tornaria difícil uma padronização da escala para ser utilizada em um processo de decisão em grupo.

Por estes motivos, objetiva-se neste trabalho apresentar um modelo de decisão multiatributo para classificar o nível de importância dos atributos que influenciam a aquisição de bens duráveis. Para tanto, o modelo é constituído por três partes principais: (1) caracterização do problema, com o levantamento dos atributos; (2) quantificação das preferências dos consumidores (decisores - DMs) sobre os atributos subjetivos, através do Procedimento Revisado de Simos; e (3) classificação destes atributos, mediante as preferências inferidas no primeiro passo, utilizando o método Electre Tri. O modelo pode ser aplicado para qualquer tipo de bem durável. Contudo, para ilustrá-lo optou-se por classificar os atributos que influenciam a aquisição de automóveis.

Além desta introdução, o artigo conta com outras quatro seções. A Seção 2 aponta alguns conhecimentos básicos sobre a tomada de decisão em grupo uma vez que se objetiva classificar as opiniões de um grupo de consumidores. Na Seção 3 é relatado o modelo proposto, destacando suas fases. Na sequência, apresenta-se um exemplo para demonstrar a aplicabilidade do modelo. E por fim, são feitas as considerações finais.

## 2. INTRODUÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Decisão em Grupo

Um grupo compreende atores que vivenciam diferentes papéis em um conjunto de relações e interações que influenciam, às vezes, suas ações. De acordo com MacGrath (1984, *apud* DORNELAS; HOPPEN, 1999), os elementos que constituem as relações humanas tais como, interação, percepções mútuas, conflitos e execução de tarefas, também são elevados ao nível de conceitos primários em se tratando de estudos de grupos.

O processo de decisão em grupo envolve pessoas diante de um problema comum em que todos estão interessados na sua solução, porém, a discussão acerca do tema é válida devido à própria natureza humana e aos conflitos de interesses que podem ocorrer. De acordo com Gomes (1998), o gerenciamento de conflitos em um grupo deve ser estimulado, pois ele resulta em novas regras, estimula a inovação, diminui a resistência a mudanças dos membros promovendo o progresso dentro da organização.

Uma característica relevante do processo é que mesmo indivíduos pertencentes à mesma organização podem divergir quanto ao seu conjunto de valores e percepção do problema, porém todos são responsáveis pelo desenvolvimento da organização e respondem por suas decisões. A decisão final será uma reunião dos valores e da percepção de todos os envolvidos no processo, ou seja, uma interação entre as preferências de cada membro. Neste sentido, para Gomes *et al.* (2002) o processo de decisão em grupo pode:

- a) Envolver uma diferenciação espacial (local ou remoto), pois pode ter interação face a face ou não;
- b) Ser atemporal, pois podem ocorrer encontros, apenas telefonemas, ou troca de e-mails, resultando em informação síncrona ou assíncrona;
- c) Ser cooperativo ou não;
- d) Ser democrático, hierárquico ou conflitante.

Segundo Matsatsinis e Samaras (2001), metodologicamente pode-se argumentar que todos os processos conhecidos de decisão em grupo consistem em quatro etapas elementares:

- a) Uma fase de determinação das regras gerais do processo de decisão, tais como o conjunto de alternativas de decisão e o conjunto de critérios de avaliação.
- b) A fase de levantamento de preferência, onde cada membro individual do grupo declara (explícita ou implicitamente) as suas preferências sobre as alternativas de decisões.
- c) A fase da agregação das preferências, onde um mecanismo de síntese é utilizado a fim de obter uma decisão global que, de alguma forma, represente as opiniões individuais.
- d) A fase de resolução de conflitos, em que um esforço para chegar a um consenso (unanimidade) ou pelo menos tentar reduzir a quantidade de conflitos entre as opiniões individuais é realizado.

Todos os conflitos que serão gerados entre os participantes ao longo do processo de decisão podem influenciar na solução do problema. A decisão em grupo busca, então, uma resposta que represente a maioria, sendo esta oriunda do processo de interação entre todos os membros. Contudo, a escolha do método a ser empregado depende do tipo de problema em análise, do contexto estudado, dos atores envolvidos, da estrutura de preferência e do tipo de resposta que se deseja alcançar, ou seja, qual a problemática de referência (GOMES *et al.*, 2002).

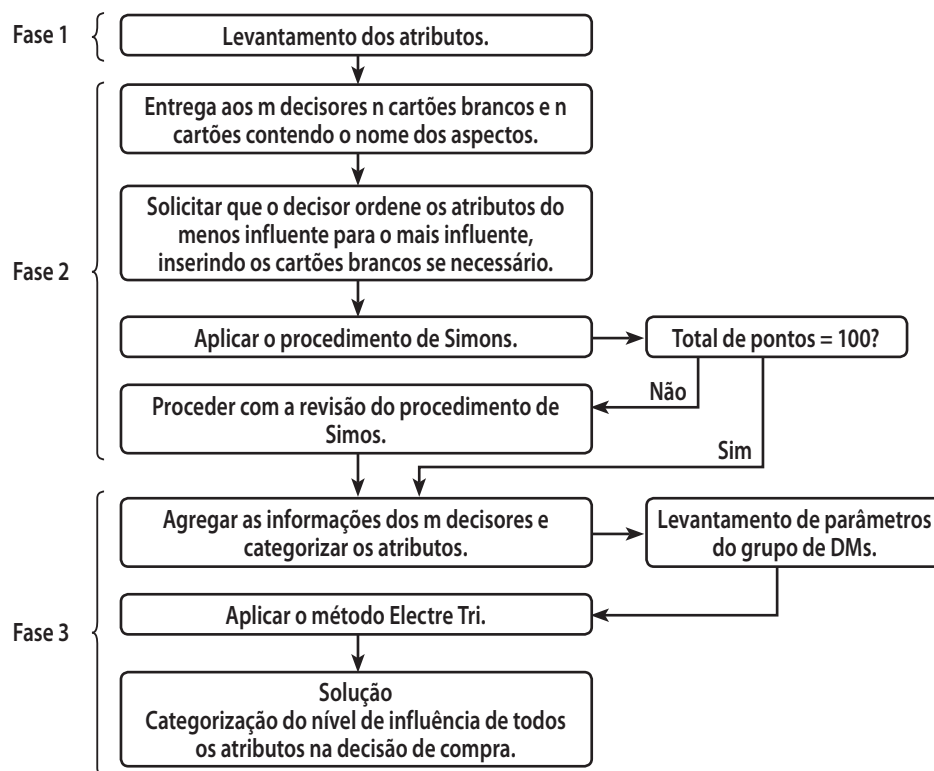
Neste artigo foi delimitado o uso do Procedimento Revisado de Simos para avaliação dos atributos subjetivos que influenciam a decisão de compra por cada decisor e o método Electre Tri para categorização destas avaliações. A definição de cada uma destas metodologias será apresentada na sequência. No final desta aplicação têm-se como decisão final do grupo quais atributos representarão ou constituirão cada categoria pré-determinada.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Modelo de Classificação dos Atributos

Como mencionado anteriormente, o modelo de classificação dos atributos é constituído de três fases principais: (1) Caracterização, (2) Quantificação e (3) Classificação dos Atributos. A Figura 1 apresenta um esquema que ilustra, de maneira simples, o passo a passo do modelo proposto.

Figura 1 – Esquema do Modelo Proposto.



Fonte: Autor.

### 3.1. Caracterização do Problema

A primeira fase, basicamente, se dá com o levantamento dos atributos que podem influenciar na aquisição do bem em análise. O levantamento dos atributos pode-se dar por meio de pesquisas bibliográficas ou de campo, ou seja, com base nos conhecimentos e preferências dos consumidores envolvidos. Portanto, nesta fase também é importante estabelecer quem são os consumidores, também chamados decisores (DMs), que farão parte da análise.

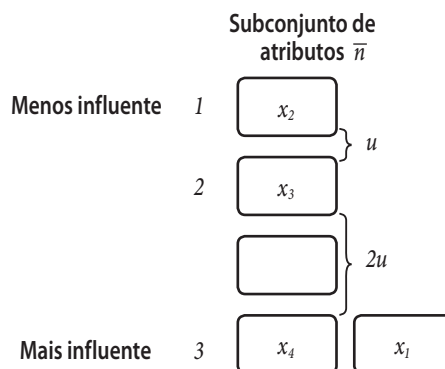
### 3.2. Quantificação: Procedimento Revisado de Simos

Originalmente, este procedimento foi proposto para a elicitación dos pesos dos atributos subjetivos (SIMOS, 1990; FIGUEIRA; ROY, 2002). Mais tarde, Fontana *et al.* (2011) propôs sua utilização para avaliação das alternativas em critérios subjetivos. Desta forma, como cada atributo será considerado como sendo uma alternativa a ser avaliada por um grupo de decisores, o procedimento será relatado como proposto por Fontana *et al.* (2011).

Assim, por meio do método é possível tornar mais fácil a elicitación das preferências dos decisores sobre a intensidade que um atributo o influencia no momento de uma compra. O procedimento é semelhante a um “jogo de cartões” em que diferentes atributos são classificados em diferentes subconjuntos pelo DM.

O procedimento inicia-se dando a cada consumidor (DM - decisor)  $n$  cartões contendo o nome de cada atributo (alternativa) e  $n$  cartões em branco. Todos os cartões devem ter a mesma dimensão. Cada decisor deve ordenar os atributos do menos para o mais influente, podendo colocá-los na mesma posição quando considerá-los com mesmo nível de influencia. Cada nível do ranque é considerado como um subconjunto de atributos. O decisor deve inserir cartões brancos quando considerar que a diferença entre subconjuntos sequentes é maior que uma unidade  $u$ , como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Jogo de cartões: ilustração da ordenação dos atributos.



Fonte: Adaptado de Fontana *et al.* (2011).

Portanto, na Figura 2 tem-se como exemplo um conjunto de atributos  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ , que foram ordenados segundo as preferências de um único consumidor sobre o nível de sua influência na aquisição de um bem.

Com base nesta ordenação, cada atributo e cada cartão em branco recebem uma posição. No entanto, na soma das posições os cartões em branco não são considerados. Quando houver mais que um cartão na mesma posição é necessário realizar a média, que é chamada de avaliação “não normalizada”. Para normalizar esta avaliação calcula-se a razão entre a avaliação não normalizada e a soma das posições. A Tabela 1 apresenta o procedimento de Simos para a avaliação dos atributos conforme ranque da Figura 2.

Tabela 1 – Avaliação dos atributos pelo Procedimento de Simos.

$\bar{n}$	Número de cartões	Posição	Avaliação não normalizada	Avaliação normalizada	Total
$x_2$	1	1	1	$(1/12)*100 = 8,334 \rightarrow 8$	$1*8 = 8$
$x_3$	1	2	2	$(2/12)*100 = 16,667 \rightarrow 17$	$1*17 = 17$
<b>Branco</b>	1	(3)	****	****	0
$x_4, x_1$	2	4, 5	$(4+5)/2 = 4,5$	$(4,5/12)*100 = 37,500 \rightarrow 38$	$2*38 = 76$
<b>Total</b>	5	$1+2+4+5 = 12$			101

Fonte: Adaptado de Fontana *et al.* (2011).

A soma das pontuações finais deve resultar em exatos 100 pontos. Porém, devido ao sistema de arredondamento de Simos ( $< 0,5$  para  $-$ ;  $\geq 0,5$  para  $+$ ), na Tabela 1, a soma da pontuação ficou acima deste valor ( $\Sigma = 101$ ). Por este motivo Figueira e Roy (2002) propuseram a revisão do procedimento de Simos.

Para iniciar a revisão do procedimento deve-se determinar a razão entre as avaliações mais influente (q) e menos influente (p). Portanto, seja q o número de atributos no subconjunto mais influente; p o número de atributos no subconjunto de menos influente; e T o número total de cartões, a razão pode ser vista na Equação (1) abaixo.

$$z = \frac{\sum_{i=0}^{q-1} (T - i)p}{\sum_{i=0}^{p-1} (1 + i)q} \tag{1}$$

Com o valor de z é possível calcular o valor da unidade u de acordo com a Equação (2) seguinte.

$$u = \frac{z - 1}{e} \tag{2}$$

Onde:  $e = \sum_{r=1}^{\bar{n}-1} e_r$  e  $e_r = e'_r + 1$ , sendo  $e'_r$  o número de cartões brancos entre os atributos do subconjunto r e r + 1,  $\forall r = 1, \dots, \bar{n} - 1$ . No exemplo da tabela 1 tem-se  $z = 4,5$ ,  $e = 3$  e  $u = 1,667$ . Com estes valores calcula-se novamente a avaliação não normalizada ( $k_r$ ), conforme Tabela 2. Onde:  $k_r = 1 + u (e_0 + \dots + e_{r-1})$  com  $e_0 = 0$  e  $K' = k_r^*$  (número de atributos do subconjunto  $\bar{n}$ ).

Tabela 2 – Avaliação não normalizada (Revisão de Simos).

Subconjunto de atributos ( $\bar{n}$ )	Número de cartões brancos entre $r$ e $r+1$ ( $e_r'$ )	$e_r$ ( $e_r = e_r' + 1$ )	Avaliação não normalizada ( $k_r$ )	Total ( $K'$ )
1 $x_2$	0	1	1,0000	1,0000
2 $x_3$	1	2	2,1667	2,1667
3 $x_4, x_1$	----	----	4,5001	9,0002
<b>Total</b> $n=4$	1	3	7,6668	12,1669

Fonte: Adaptado de Fontana *et al.* (2011).

Seja  $k_i'$  a avaliação do atributo  $i$ , ou seja,  $k_i' = k_r$ ,  $k_i^* = (100/K') \cdot k_i'$  e  $k_i'' = k_i^*$ ; com  $w$  sendo o número de casas decimais (considerar  $w = 1$ ), deve-se criar duas listas  $L+$  e  $L-$  (Figueira; Roy, 2002), onde:

- $L+$  construída pelos pares  $(i, d_i)$ , ranqueada de acordo com a avaliação crescente da razão  $d_i$ . ( $d_i = [10-w - (k_i^* - k_i'')] / k_i^*$ ); e
- $L-$  construída pelos pares  $(i, d_i^*)$ , ranqueada de acordo com a avaliação decrescente da razão  $d_i^*$ . ( $d_i^* = (k_i^* - k_i'') / k_i^*$ )

Seja  $v = (100 - k'') \cdot 10+w$  e  $M = \{d_i > d_i^*\}$ ,  $|M| = m$ , os atributos devem ser particionados em dois subconjuntos  $F+$  e  $F-$ , onde a avaliação dos atributos de  $F+$  devem-se arredondadas para cima e em  $F-$  mantidas como estão. Assim tem-se:

- Se  $m + v \leq n$ , construir a lista  $F+$  com os primeiros  $v$  atributos de  $L-$ , não pertencentes a  $M$ ; e  $F-$  com as demais.
- Se  $m + v > n$ , construir  $F-$  pelos  $n - v$  últimos atributos de  $L+$ , não pertencentes a  $M$ ; e  $F+$  com as demais.

Com base nestes procedimentos chegam-se as avaliações normalizadas da influência dos atributos, conforme Tabela 3. Os valores entre parênteses são para identificar os atributos pertencentes à lista  $F+$ .

Tabela 3 – Avaliação normalizada (revisão de Simos).

$\bar{n}$	Atributos	$k_i'$	$k_i^*$	$k_i''$	$d_i$	$d_i^*$	Avaliação normalizada
1	$x_2$	1,0000	8,2190205	8,2	0,0098527	> 0,0023142	8,2
2	$x_3$	2,1667	17,808152	17,8	0,0051576	> 0,0004577	17,8
3	$x_1$	4,5001	36,986414	36,9	0,0003673	< 0,0023363	37 (1)
3	$x_4$	4,5001	36,986414	36,9	0,0003673	< 0,0023363	37 (2)
<b>Total</b>	$n=4$		100	$k''= 99,8$			100

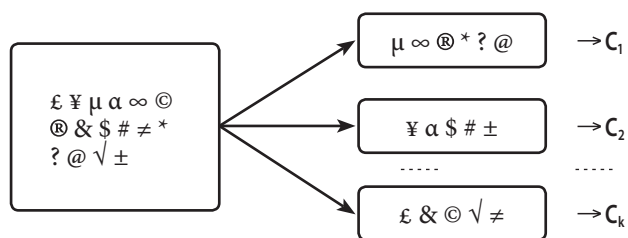
Fonte: Adaptado de Fontana *et al.* (2011).

Portanto, a avaliação normalizada é o nível de influência que cada atributo tem, na aquisição do bem analisado, para o decisor questionado.

### 3.3. Classificação dos Atributos: Método Electre Tri

O método Electre Tri foi desenvolvido para atribuir um conjunto de alternativa em categorias. No caso deste artigo, o método será usado para alocar atributos em classes ou categorias de nível de influência destes na aquisição de bens duráveis. Isto é possível com o uso do Electre Tri porque as categorias resultantes são ordenadas e assume-se  $C_1$  como a pior e  $C_k$  como a melhor. Desta maneira, dado um conjunto de  $C$  classes, tal que  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_h, \dots, C_k\}$  (FIGUEIRA *et al.*, 2005), o problema de classificação ordenada é como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Problemática de classificação: categorias ordenadas.



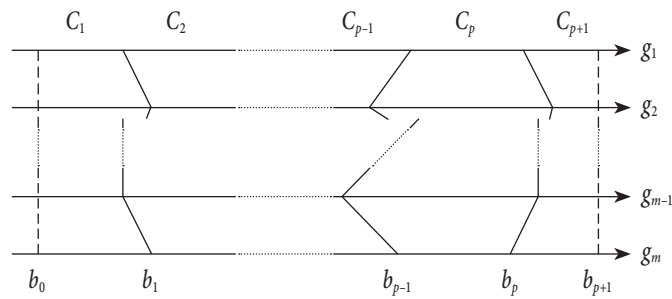
Fonte: Adaptado de Mousseau e Slowinski (1998).

O levantamento de vários parâmetros do modelo de preferência do DM é uma das principais dificuldades que o analista enfrenta, quando interage com um decisor a fim de construir um processo de auxílio à decisão. Para auxiliar neste ponto, Mousseau *et al.* (2000) apresentou um esquema geral para inferir estes parâmetros (para maiores informações consultar esta fonte). Segundo Mousseau e Slowinski (1998) os parâmetros necessários são: os perfis ( $b_h$ ) das classes para cada critério  $g_j$ ; o coeficientes de importância  $k_j$ ; os limiares de preferência  $p_j(b_h)$ , indiferença  $q_j(b_h)$  e de veto  $v_j(b_h)$ ; e a regra de atribuição (pessimista ou otimista).

A atribuição de um atributo “a” a uma categoria “C” ocorre mediante a comparação de deste atributo com os perfis que definem os limites inferior e superior das categorias. Desta forma, tem-se  $b_h$  sendo o limite superior da categoria  $C_h$  e do limite inferior da categoria  $C_{h+1}$ , para todo  $h = 1, \dots, k$ . Para cada critério  $g_m$  analisado poderá haver perfis com valores diferentes que delimitam a classe, como mostra a Figura 4. Neste artigo não há critérios de avaliação, mas um grupo de decisores. Portanto os perfis podem mudar para cada decisor. Ao final do processo de comparação realiza-se a agregação destas para estabelecer a qual classe a alternativa (atributo) pertence.



Figura 4 – Definição das categorias usando os perfis



Fonte: Adaptado de Mousseau *et al.* (2000).

Para um determinado limite de categoria,  $b_h$ , esta comparação depende da credibilidade ( $\sigma$ ) da afirmação  $aS_{b_h}$  e  $b_hSa$  (Figueira *et al.*, 2005). Segundo Mousseau e Slowinski (1998), determinar índice de credibilidade  $\sigma(a, b_h)$ , em que o valor de  $\sigma(b_h, a)$  é calculado de forma análoga, consiste em quatro etapas: (a) Calcular o índice de concordância parcial  $c_j(a, b_h), \forall j \in F$ ; (b) Calcular o índice de concordância abrangente  $c(a, b_h)$ ; (c) Calcular o índice de discordância  $d_j(a, b_h), \forall j \in F$ ; (d) Calcular o índice de credibilidade  $\sigma(a, b_h)$  da relação de sobreclassificação, conforme Equações de (3) a (6), respectivamente.

$$c_j(a, b_h) = \begin{cases} 0 \rightarrow \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) \geq p_j(b_h) \\ 1 \rightarrow \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) \leq q_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + g_j(a) - g_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)} \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

$$c(a, b_h) = \frac{\sum_{j \in F} k_j c_j(a, b_h)}{\sum_{j \in F} k_j} \quad (4)$$

$$d_j(a, b_h) = \begin{cases} 0 \rightarrow \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h) \\ 1 \rightarrow \text{if } g_j(b_h) - g_j(a) > v_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) + g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)} \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

$$\sigma(a, b_h) = c(a, b_h) \cdot \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - c(a, b_h)} \quad (6)$$

Após a determinação do índice de credibilidade ( $\sigma$ ), deve-se introduzir um nível de corte  $\lambda$  da relação *fuzzy* (Figura 4) a fim de obter uma rápida relação de sobreclassificação. Este nível pode ser definido como o índice de credibilidade de menor valor compatível com a afirmação  $aSb_h$  (Figueira *et al.*, 2005). Os valores de  $\sigma(a, b_h)$ ,  $\sigma(b_h, a)$  e  $\lambda$  determinam a situação de preferência entre “a” e “ $b_h$ ”, em que:

- “a” é indiferente a “ $b_h$ ” ( $aSb_h$  e  $b_hSa$ ) se  $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$ ;
- “a” é preferível a “ $b_h$ ” ( $aSb_h$  e não  $b_hSa$ ) se  $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) < \lambda$ ;
- “ $b_h$ ” é preferível a “a” (não  $aSb_h$  e  $b_hSa$ ) se  $\sigma(a, b_h) < \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$ ;
- “a” é incomparável a “ $b_h$ ” (não  $aSb_h$  e não  $b_hSa$ ) se  $\sigma(a, b_h) < \lambda$  e  $\sigma(b_h, a) < \lambda$ .

Com base nestas situações duas regras de categorizações podem ser utilizadas, a pessimista ou a otimista, seguindo os seguintes procedimentos (FIGUEIRA *et al.*, 2005):

- Regra pessimista. Um atributo “a” será atribuído a maior categoria  $C_h$  tal que  $aSb_{h-1}$ .
  - 1) Compare “a” sucessivamente com  $b_r$ ,  $r = k - 1, k - 2, \dots, 0$ .
  - 2) O limite  $b_1$  é o primeiro perfil encontrado tal que  $aSb_{h-1}$ . Atribuir “a” na categoria  $C_{h+1}$ .
- Regra otimista. Um atributo “a” será atribuído a menor categoria  $C_h$  tal que  $b_h > a$ .
  - 1) Compare “a” sucessivamente com  $b_r$ ,  $r = 1, 2, \dots, k - 1$ .
  - 2) O limite  $b_h$  é primeira perfil encontrado tal que  $b_h > a$ . Atribuir “a” na categoria  $C_h$ .

O método Electre Tri foi escolhido por realizar comparação entre alternativas e os perfis das classes, o que garante que a inserção e retirada de alternativas (neste caso atributos) do conjunto analisado não irá alterar a classificação dos demais atributos. Além disso, acredita-se que não deve haver compensações entre as opiniões dos  $m$  decisores, ou seja, um atributo que recebe uma avaliação muito ruim por um decisor, não pode ser compensado por uma avaliação muito boa feita por outro decisor. Contudo, Bouyssou e Marchant (2005) provaram axiomáticamente que as duas versões do Electre Tri são bastante diferentes. Segundo eles apenas a versão pessimista se encaixa no quadro dos modelos de classificação não compensatórios. Desta maneira, neste trabalho adota-se a versão pessimista.

## 4. ILUSTRAÇÃO DO USO DO MODELO PROPOSTO

Para ilustrar a aplicação do modelo proposto toma-se como base a aquisição de um automóvel. Em uma pesquisa estatística inferencial realizada na capital de Pernambuco, Recife, Brandão de Souza (2004) observou e classificou em três categorias os atributos que mais influenciam no momento da aquisição de um automóvel, chamados por este de “aspectos”, que são:

- Maior importância: preço total do veículo; economia de combustível; durabilidade; preço da manutenção.
- Importância intermediária: condições de financiamento; desempenho; aparência, beleza e estética; valor de revenda; acessórios e opcionais.
- Menor importância: status e prestígio do veículo; valor do seguro.

Este estudo trata-se de uma pesquisa estatística de campo, que a partir de uma amostra faz inferências sobre as preferências da população, neste caso localizada no município de Recife - PE. Porém, muitas vezes, deseja-se saber as preferências de um pequeno grupo de consumidores ( $m \leq 20$ ) em que procedimentos estatísticos não seriam apropriados, como, por exemplo, uma família ou diretores de uma empresa.

Portanto, neste trabalho formou-se um grupo com 04 consumidores,  $DM = \{DM_1, DM_2, DM_3 \text{ e } DM_4\}$ . A eles solicitou-se imaginar a hipótese de fazerem parte da diretoria de uma empresa que planeja adquirir um automóvel. Acrescentou-se ainda a suposição de que o automóvel adquirido seria usufruído durante um período máximo de três anos, decidindo trocá-lo após este período. Por este motivo alguns atributos como durabilidade do automóvel e custo de manutenção são eliminados desta aplicação. Outro atributo eliminado é o valor do seguro, uma vez que ele tem relação direta com o perfil do usuário e não apenas com o veículo.

Assim, tomando os demais atributos mencionados no trabalho de Souza (2004), os  $m$  decisores recebem  $n$  cartões brancos e outros  $n$  cartões com os seguintes atributos: ( $x_1$ ) preço do veículo; ( $x_2$ ) economia de combustível; ( $x_3$ ) aparência (beleza e estética); ( $x_4$ ) valor de revenda; ( $x_5$ ) acessórios e opcionais; e ( $x_6$ ) status e prestígio do veículo.

Na sequência, é solicitado a cada decisor, que este ordene os atributos do menos influente para o mais influente no seu processo individual de aquisição de um automóvel, inserindo cartões brancos sempre que considerar que o distanciamento entre dois subconjuntos de atributos sequentes for maior que uma unidade  $u$ . No caso proposto têm-se as ordenações mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 – Ranque dos atributos pelos DMs.

	$DM_1$	$DM_2$	$DM_3$	$DM_4$
Menos influente (p)	$x_2$	$x_5, x_6$	$x_5$	$x_6$
	$x_6$	Branco	$x_6$	$x_5$
	Branco	Branco	$x_4$	Branco
	$x_2$	$x_1, x_4$	$x_3$	$x_4$
	$x_3, x_5$	Branco	$x_1$	Branco
	Branco	Branco	$x_2$	$x_1, x_3$
Mais influente (q)	$x_1$	$x_2, x_3$	--	$x_2$

Fonte: Autor.

Com base na ordenação apresentada na Tabela 4 é, então, aplicado o procedimento de Simos. Para as ordenações apresentadas, apenas na avaliação do decisor 2 ( $DM_2$ ) foi necessário realizar a revisão do Procedimento de Simos. A Tabela 5 mostra a avaliação numérica de cada atributo dada pela metodologia.

Tabela 5 – Procedimento revisado de Simos de acordo com o ranque dado pelos DMs.

Atributos	DM <sub>1</sub>	DM <sub>2</sub>	DM <sub>3</sub>	DM <sub>4</sub>
x <sub>1</sub>	31,0	16,7	24,0	23,0
x <sub>2</sub>	15,0	28,8	29,0	29,0
x <sub>3</sub>	21,0	28,8	19,0	23,0
x <sub>4</sub>	21,0	16,7	14,0	14,0
x <sub>5</sub>	4,0	4,5	5,0	7,0
x <sub>6</sub>	8,0	4,5	9,0	4,0

Fonte: Autor.

Para proceder com a segunda fase do modelo, ou seja, a categorização pelo método Electre Tri, alguns parâmetros devem ser estabelecidos. Estes valores devem estar de acordo com as preferências dos decisores. Para inferi-los faz-se necessária a presença de um analista. Há varias maneiras de inferir os parâmetros, entre elas a proposta de Mousseau *et al.* (2000). Este trabalho não entrará neste ponto por não fazer parte da proposta. Contudo, deve-se frisar que, embora seja a tarefa mais difícil da aplicação do método, já existem muitos estudos abordando metodologias de inferências. A melhor metodologia depende do entendimento dos envolvidos.

Desta maneira, para agregar as opiniões dos consumidores desta ilustração, os seguintes parâmetros foram utilizados: um limiar de indiferença com  $q = 1$  unidade; um limiar de preferência com  $p = 2$  unidades; e um nível de corte com  $\lambda = 0,76$ . Estes são pré-definidos pelo próprio método, o que facilita os procedimentos em decisão em grupo. É importante verificar a familiaridade dos decisores com estes parâmetros antes de dar sequência à classificação das alternativas.

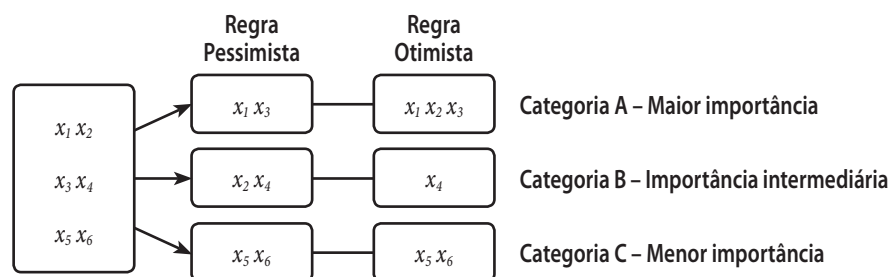
Nesta ilustração foi estabelecido que a opinião dos  $m$  consumidores deve ter a mesma importância na decisão final sobre qual categoria (nível de influência) cada atributo pertence. Portanto, estabelece-se o mesmo peso para as suas avaliações, ou seja, um coeficiente de importância  $k = 1$  para todos. A alteração destes parâmetros pode alterar a classificação final das alternativas. Por este motivo é importante verificar ao final do processo se o resultado representa a opinião do grupo (de maneira global).

Além disso, assim como mencionado por Souza (2004), foram estipuladas três categorias de níveis de influência que os atributos podem ter sobre a aquisição de um automóvel, que são: A – maior importância; B – importância intermediária; e C – menor importância. O número de categorias é pré-definido e pode ser maior ou menor do que o sugerido aqui. Sua definição depende das características do cenário analisados e das preferências dos envolvidos.

Devem-se determinar, também, o valor dos perfis de cada classe. No processo original do método Electre Tri cada critério de avaliação tem um perfil diferente para cada classe. Isso porque se tratam de características diferentes sobre as alternativas e, normalmente, em escalas distintas. Neste caso, tem-se a mesma escala para todos os critérios, que nada mais são do que a opinião dos decisores. Por este fato, não há motivos para considerarem-se valores diferentes. Assim, estabeleceram-se os seguintes perfis:  $b_1 = 20$ , que é o limite entre a classe A e B, e o  $b_2 = 10$ , limite entre as classes B e C; sendo  $A > B > C$ .

Os cálculos realizados na sequência são feitos com o auxílio do *software* ELECTRE TRI 2.0a. A Figura 5 apresenta a categorização gerada pelo método Electre Tri.

Figura 5 – Categorização dos atributos.



Fonte: Autor.

Como pode ser visto o método sempre gerar duas versões: a pessimista e otimista. Foi dito anteriormente que a versão pessimista é a escolhida. Porém, preferiu-se apresentar as duas para ampliar as observações. Além do problema de compensação relatado anteriormente, a versão otimista é subótima porque ela supervaloriza algumas alternativas. Ou seja, quando há avaliações muito divergentes sobre uma alternativa (atributo, neste caso), quando ela é comparada a um perfil pode haver dúvida entre a classe inferior ou superior a este perfil. Nestes casos, a versão otimista alocará à classe superior, enquanto a pessimista na inferior. Contudo, sabe-se que quando isto ocorre é porque a alternativa recebeu alguma avaliação conflitante e, portanto, o melhor será alocá-la na classe inferior.

Portanto, a versão pessimista é mais adequada. Logo, como resultado desta versão têm-se dois atributos constituindo cada categoria, que são: categoria “A” com os atributos preço do veículo ( $x_1$ ) e a aparência (beleza e estética) ( $x_3$ ); na categoria “B” tem-se economia de combustível ( $x_2$ ) e valor de revenda ( $x_4$ ); por fim, a categoria “C” conta com os atributos acessórios e opcionais ( $x_5$ ) e status e prestígio do veículo ( $x_6$ ).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como intuito propor um modelo para auxiliar na avaliação do nível de influência que alguns atributos têm sobre os indivíduos no momento da aquisição de um bem durável. Sabendo-se que os indivíduos, em geral, têm dificuldades de quantificar este nível de influência, normalmente esta avaliação ocorre de maneira qualitativa, ou seja, pelo uso de alguma escala nominal (ex. ótimo, bom, ruim). Contudo, quando se tem um grupo de decisores, o tamanho desta escala pode não conseguir relatar a real opinião de todos eles.

O modelo proposto consiste, basicamente, em três etapas: (1) levantamento das informações preliminares; (2) inferência das preferências dos indivíduos sobre o nível de influência de cada atributo através do uso do Procedimento Revisado de Simos; e (3) agregação das opiniões e atribuição das avaliações em três níveis de influência (maior importância, importância intermediária, e menor importância) com o uso do método Electre Tri.

Para ilustrar o modelo analisou-se o nível de influência de alguns atributos sobre um pequeno grupo de consumidores no momento da compra de um automóvel. Quatro consumidores foram consultados e suas preferências agregadas. Durante a aplicação verificou-se que a metodologia proposta é de fácil compreensão por parte dos consumidores, requerendo apenas a presença de um facilitador ou pesquisador que conduzirá o processo elicitatório e realizará as etapas de cálculos, que também se processa sem dificuldades. O procedimento revisado de Simos consegue extrair numericamente as preferências dos consumidores sobre atributos subjetivos sem a necessidade de se fixar um tamanho da escala, como a escala de Likert, por exemplo. Observou-se que nem sempre é necessário aplicar a revisão deste procedimento, sendo revisto apenas quando a soma total das avaliações for diferente de 100 pontos.

Ao considerar-se um problema de maior escala, ou seja, com um número maior de atributos e/ou decisores, a sua complexidade tende a aumentar e o uso de um procedimento de agregação e classificação tem por objetivo facilitar este procedimento que, em geral, quando feito de maneira intuitiva, pode não atingir o resultado esperado. Neste ponto, o método multicritério Electre Tri categorizou os atributos de modo a gerar facilidades ao analista, quando comparado a outros métodos de classificação, com procedimentos de elicitação das preferências e parâmetros pré-definidos pelo próprio método; além de fornecer as categorias ordenadas, de modo a facilitar o entendimento dos níveis de importância de cada subconjunto de atributos.

É importante destacar que o modelo proposto apresenta aplicabilidade na avaliação do nível de influência de atributos na aquisição de qualquer bem de natureza durável. O modelo mostra-se viável na avaliação de atributos que influenciam um grupo de consumidores bem como um único consumidor. Podendo, neste último caso, serem acrescentados ao problema os critérios intrínsecos que o consumidor utiliza na avaliação dos atributos, que é deixado como sugestão de trabalhos futuros.

Salienta-se que o modelo tem aplicações práticas. Como exemplo, em ambientes de gestão pública ou privada, onde a opinião de todos os envolvidos deve ser considerada, o processo de decisão sobre a aquisição de algum bem pode ser facilitada eliminando-se alternativas que têm baixo desempenho nos aspectos classificados como mais influentes para o grupo. Além disso, empresas que trabalham com poucos clientes podem desejar levantar os aspectos mais influentes na visão destes em relação aos produtos e/ou serviços oferecidos. E assim, direcionar as estratégias para a alavancagem destes aspectos.

## REFERÊNCIAS

BOUYSSOU, D; MARCHANT, T. An axiomatic approach to Electre Tri. *In: BARTHÉLEMY, J. P.; LENCA, P. Advances in Multicriteria Decision Aid*. ENST Bretagne, (ISBN 2-9523875-0-8). 2005, 9-20 p.

SOUZA, L. B. **O mercado automotivo do Grande Recife: análise atual e perspectivas**. Recife: UFPE, Engenharia de Produção, 2004. (Dissertação).

DORNELAS, J. S.; HOPPEN, N. Inovações ligadas ao processo de gestão participativa e ao uso de sistemas de apoio a decisão em grupo, na direção de novas formas de estruturas organizacionais. *In: XX Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, São Paulo, 1999.

GOMES, C. F. S. Modelagem Analítica aplicada a Negociação e Decisão em grupo. *Revista Pesquisa Operacional*. vol. 26, 1998, 537-566p.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: Enfoque Multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

FIGUEIRA, J. R.; ROY, B. Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. **European Journal of Operational Research**, vol. 139, 2002, 317-326p.

FIGUEIRA, J. R.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. Chapter 4. ELECTRE METHODS. *In: Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. **International Series in Operations Research & Management Science**, vol. 78, n.3, 2005, 133-153p.

FONTANA, M. E.; MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. DE. A MCDM model for urban water conservation strategies. *In: Evolutionary Multi-Criterion Optimization - EMO*, 2011, 564-578p.

LEMOS, R. F.; SLONGO, L. A. Atributos de compra de automóveis de alto valor: uma abordagem comparativa sob a ótica do vendedor e do comprador. **Revista Gestão Contemporânea**, 2008.

MATSATSINIS, N. F. & SAMARAS, A. P. MCDA and preference disaggregation in group decision support systems. **European Journal of Operational Research**, vol. 130, n. 2, 2001, 414-429p.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. **Journal of Global Optimization**, vol. 12, 1998, 157-174p.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. **Computers & Operations Research**, vol. 27, 2000, 757-777p.

PIRES, V. C. & MARCHETTI, R. Z. Fatores influenciadores na escolha da fonte de informação na compra de automóveis novos: a importância da comunicação boca a boca. *In: XXIV Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração (ENANPAD)*, 2000.

SIMOS, J. **L'évaluation environnementale: Un processus cognitif négocié**. DGF-EPFL, Lausanne, 1990. (Tese).

