

## ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO: UM CASO EMPREGANDO O MACBETH

ANDRÉ ANDRADE LONGARAY<sup>\*</sup>  
GUILLERMO NEY CAPRARIO<sup>\*\*</sup>  
LEONARDO ENSSLIN<sup>\*\*\*</sup>

### RESUMO

O presente artigo tem por objetivo descrever o emprego da metodologia MCDA-Construtivista no processo de apoio à decisão para auxiliar um decisor na compra de um imóvel para sua família. Para tanto, após a contextualização do cenário decisório, é demonstrada a forma pela qual foram determinadas as funções de valor para os critérios e subcritérios do modelo, por meio de julgamento semântico, usando o *software* MACBETH. As taxas de substituição do modelo, bem como a fórmula de agregação aditiva global, também são delineadas. Por fim, é feita a análise de sensibilidade de três alternativas de imóveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Multicritério, MCDA-C, Sistema de Apoio à Decisão.

### ABSTRACT

This study shows the use of MCDA-C methodology applied to Decision Support System in order to help a decisor buy a small family farm. The value functions for the criteria and sub-criteria of the model are determined. In this process, semantic judgment to the decisor is generated using MACBETH software. Replacement rates of the model and the overall additive aggregation formula are identified. Eventually, analysis of sensitivity for the potential reality is made.

**KEY-WORDS:** Multicriteria, MCDA-C, Decision Support System.

## 1 INTRODUÇÃO

Decidir é um pressuposto inerente ao ser humano. Em apenas um dia, pode-se tomar dezenas, ou até mesmo centenas de decisões.

Keeney, Hammond e Raiffa (1999, p.15) entendem que, “as decisões delimitam nossas vidas. Tomadas consciente ou inconscientemente, com boas ou más consequências, elas representam a principal ferramenta utilizada para lidar com oportunidades, os desafios e as incertezas da nossa existência”.

Tal afirmação reforça a importância do processo decisório e faz perceber que uma situação decisional envolve bem mais do que a tomada de decisão propriamente dita (ENSSLIN; MORAIS; PETRI, 1998). Exige, portanto, uma maneira dinâmica e abrangente de lidar com o cenário, ações, atores envolvidos, e com as mudanças no decorrer do processo.

A abordagem multicritério de apoio à decisão (MCDA) procura contemplar essas preocupações. Embasada no paradigma construtivista, busca auxiliar o decisor a entender melhor a situação decisional, por meios dos seus próprios julgamentos de valor. Nesse sentido, a metodologia MCDA pode ser aplicada aos mais diversos contextos decisórios.

O presente trabalho pretende apresentar o processo decisório realizado junto a um decisor, com o objetivo de auxiliá-lo no processo de “Compra de um sítio para a família”, dentro da ótica construtivista do apoio à decisão.

Para tanto, este artigo está subdividido em seis partes. Foca-se o cenário decisional a partir das funções de valor, as quais são contextualizadas na segunda seção. Logo após, na terceira seção, são estabelecidas as taxas de substituição dos critérios. A quarta parte do trabalho contempla o desenvolvimento da fórmula de agregação aditiva do modelo. O perfil de impacto das ações potenciais é realizado na quinta seção. A título de conclusão, estabelecem-se algumas considerações a respeito do tema.

<sup>\*</sup> Doutor em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Laboratório de Estudos e Pesquisas em Metodologias de Sistemas de Apoio à Decisão – LabSADI; e-mail: [longaray@yahoo.com.br](mailto:longaray@yahoo.com.br)

<sup>\*\*</sup> Doutor em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Laboratório de Estudos e Pesquisas em metodologias de Sistemas de Apoio à Decisão - LabSADI

<sup>\*\*\*</sup> Doutor em Engenharia Industrial e Sistemas pela University of Southern California, EUA. Laboratório de Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão – LabMCDA

Contudo, a fim de proporcionar um melhor entendimento do processo decisório em questão (tendo em vista que este não apresenta a fase de construção do mapa cognitivo e desenvolvimento dos descritores), apresenta-se a seguir a figura 1, que contempla todos os Critérios e sub-Critérios do modelo, bem como a figura 2, que traz a estrutura arborescente para o contexto da “Compra de um sítio para a família”.

Lista de Critérios e sub-Critérios		
PVF 1.1 – Custo de manutenção	PVE 2.1.2 – eletricidade	PVE 4.2.2 – pescar
PVF 1.2 – Custo de aquisição	PVE 2.1.3 – água encanada	PVE 4.2.3 – nadar
PVF 2.1 – Suporte	PVE 2.2.1 – área	PVE 4.2.4 – área de lazer
PVF 2.2 – Tamanho	PVE 2.3.1 – distância	subPVE 2.1.1.1 – acabamento
PVF 2.3 – Localização	PVE 2.3.2 – acesso	subPVE 2.1.1.2 – idade
PVF 3.1 – Ecologia	PVE 2.3.3 – tempo	subPVE 2.1.1.3 – tamanho
PVF 3.2 – Cultivo	PVE 3.1.1 – mata virgem	subPVE 2.1.2.1 – tensão
PVF 3.3 – Legislação	PVE 3.1.2 – animais silvestres	subPVE 2.1.2.2 – fonte
PVF 4.1 – Saúde física	PVE 3.2.1 – pomar	subPVE 2.1.3.1 – qualidade
PVF 4.2 – Saúde mental	PVE 3.2.2 – solo	subPVE 2.1.3.2 – fonte
PVE 1.1.1 – gastos mensais	PVE 3.2.3 – superfície	subPVE 2.2.2.1 – inclinação
PVE 1.1.2 – impostos e taxas	PVE 3.3.1 – reserva ambiental	subPVE 2.2.2.2 – % inclinação
PVE 1.1.3 – mão-de-obra	PVE 3.3.2 – reserva indígena	subPVE 2.2.2.3 – interrupções
PVE 1.2.1 – investimento	PVE 3.3.3 – litígio, penhora ou júdice	subPVE 4.1.3.1 – plantas
PVE 1.2.2 – financiamento	PVE 4.1.1 – água	subPVE 4.1.3.2 – insetos
PVE 1.2.3 – troca por carro	PVE 4.1.2 – ar	subPVE 4.1.3.3 – outros animais
PVE 2.1.1 – habitação	PVE 4.1.3 – natureza	subPVE 4.1.3.4 – geografia
PVE 2.2.2 – forma	PVE 4.2.1 – caminhar	

FIGURA 1 – Lista de Critérios e sub-Critérios do modelo

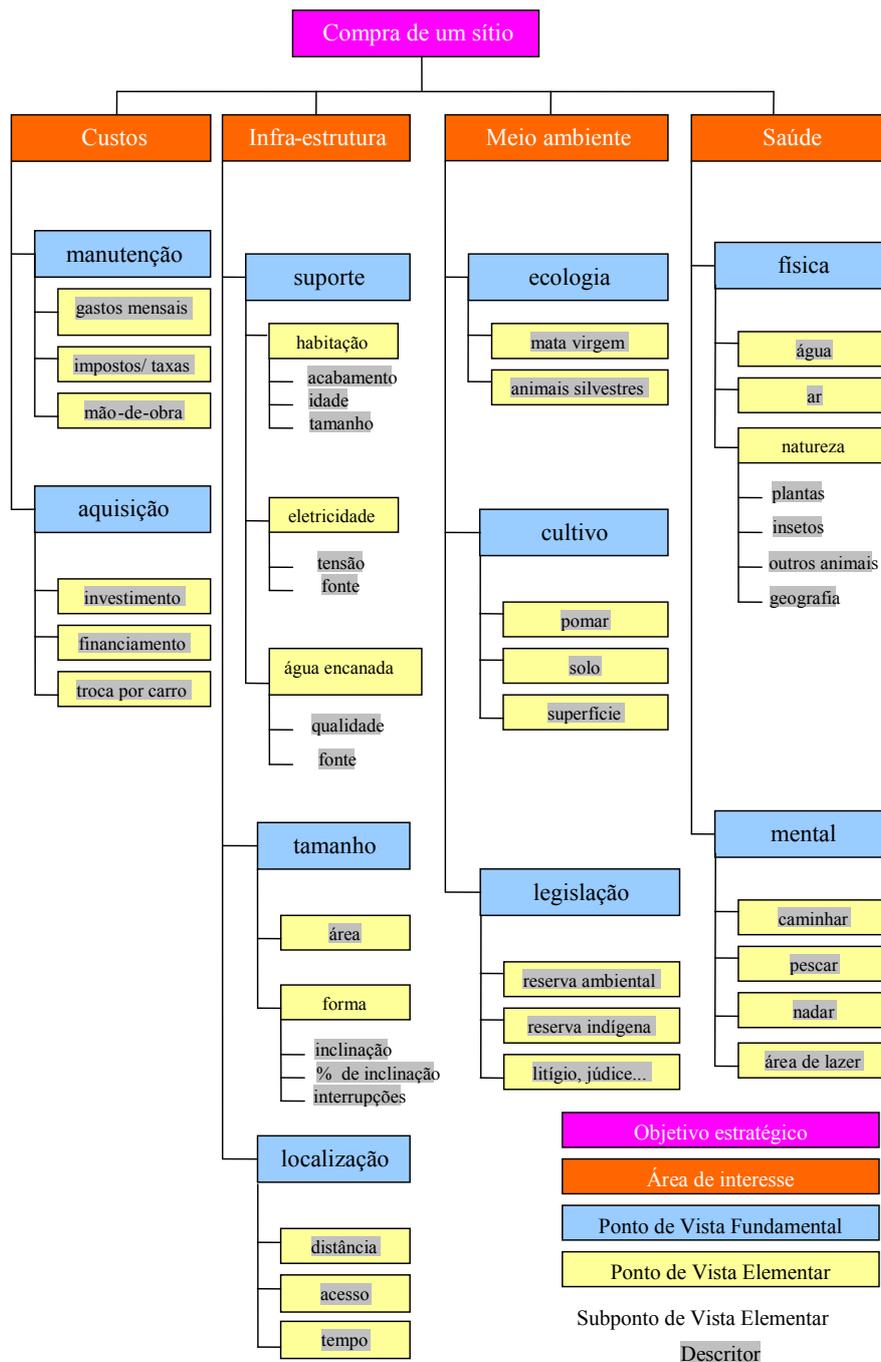


FIGURA 2 – Estrutura arborescente até o nível de construção dos descritores

## 2 FUNÇÕES DE VALOR

Considerando-se cumprida a etapa de construção dos descritores, em que ficou definido como avaliar as ações potenciais em cada ponto de vista, o próximo passo diz respeito a quantificar a performance dessas ações segundo o sistema de valores do decisor (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

A participação dos decisores implica explicitar seus juízos de valor, sobre a diferença de atratividade existente entre os diversos níveis de impacto de cada descritor, de forma a obter uma escala de preferência local sobre cada um dos pontos de vistas que tiveram um descritor construído (DUTRA, 1998).

Nesse sentido, as funções de valor representam um instrumento para auxiliar o decisor a expressar, de forma numérica, suas preferências (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Para Beinat (apud ENSSLIN; NORONHA, 1998), “uma função de valor procura transformar as performances das ações em valores numéricos representando o grau em que um objetivo é alcançado relativamente a níveis balizadores”.

Embora a literatura aponte para uma variedade de métodos usados na construção de funções de valor (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001), para o desenvolvimento do presente trabalho utilizou-se o método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), o qual objetiva simplificar a construção de funções de valor e a determinação de taxas de substituição através do uso de julgamentos semânticos (BANA; COSTA; VANSNICK, apud ENSSLIN; NORONHA, 1998).

De acordo com Corrêa (1996), a proposta da metodologia MACBETH é que a explicitação da intensidade de preferência que o decisor possui em relação às ações potenciais seja feita através da expressão de julgamentos absolutos de diferença de valor entre duas ações. Desse modo, o procedimento não tenciona obter a escala do decisor, mas sim construí-la a partir de seus julgamentos de valor, fazendo isso de uma forma em que não será imposta nenhuma preferência a ele, mas simplesmente retratando aquelas que ele forneceu (CORRÊA, 1996).

O processo de construção da matriz de juízos de valor para a oportunidade de decisão da “Compra de um sítio para a família” será descrito a seguir.

Retomando a estrutura arborescente da situação decisional (figura 2), observa-se que o PVF 1.1 – manutenção – foi operacionalizado através da construção de descritores para seus três pontos de vista elementares: PVE 1.1.1 – gastos mensais; PVE 1.1.2 – impostos e taxas, e PVE 1.1.3 – mão-de-obra.

O PVE 1.1.1 – gastos mensais, cujo descritor apresenta cinco níveis, é o primeiro descritor a ter construída a sua matriz de juízos de valor. Para tanto, foi feito ao decisor o seguinte questionamento: “Considerando-se que determinada opção de sítio impacta no nível N5 (... gastos mensais com manutenção entre 0 e 250 reais), sendo este nível o mais atrativo, a passagem daí para o nível N4 (... gastos mensais com manutenção entre 250 e 300 reais) é sentida como uma diferença de atratividade indiferente, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema?”

Nesse caso, o decisor respondeu que a diferença de atratividade era muito fraca, indicando na escala semântica a categoria C1. Na matriz semântica do MACBETH, essa categoria será representada por ‘1’ na intersecção do nível N5 com o nível N4. De N5 para N3, a diferença de atratividade foi fraca (C2), correspondendo a ‘2’ na matriz. De N5 para N2, muito forte (C5), informada na matriz como ‘5’. De N5 para N1, extrema (C6), e entra na matriz como ‘6’.

Terminados os questionamentos do nível N5 (posicionado na linha horizontal) com os outros níveis (localizados nas linhas verticais), passa-se para o nível seguinte, N4 (horizontal), e assim por diante.

Como resultado dos questionamentos feitos ao decisor, obtém-se o valor correspondente à diferença de atratividade, de acordo com os juízos de valor do decisor. Têm-se, desse modo, condições para preencher toda a matriz de julgamentos de valor no MACBETH. A figura 3 apresenta a tela principal do software com essa matriz já preenchida para o PVE 1.1.1 – gastos com manutenção.

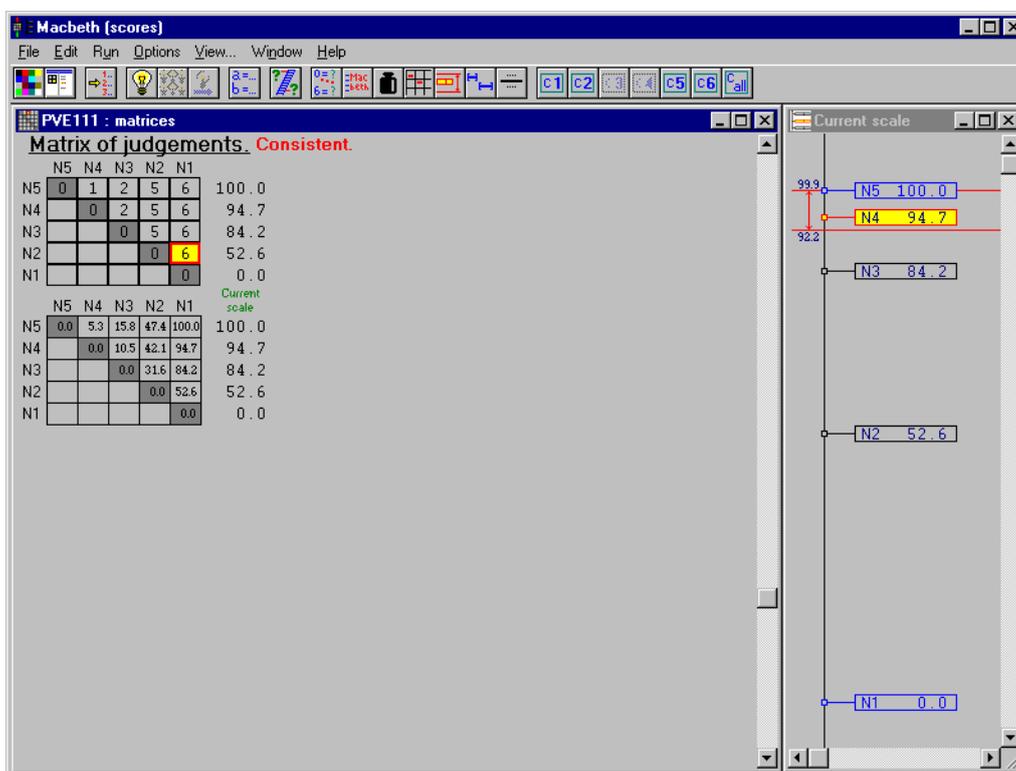


FIGURA 3 – Construção da matriz de juízos de valor do PVE 1.1.1 – gastos com manutenção

Conforme consta do descritor do PVE 1.1.1 – gastos com manutenção, o decisor identificou o nível de impacto N2 como nível “neutro” e o nível de impacto N4 como nível “bom”. Verifica-se na figura 3 que há a necessidade de transformação da escala MACBETH original em escala corrigida. Isso porque o nível neutro (0) está em N1 e o nível bom (100) em N5, o que diverge das preferências do decisor.

Esse procedimento, chamado de “ancoragem” dos níveis bom e neutro (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001), pode ser realizado na tela principal do MACBETH, como pode ser constatado na figura 4.

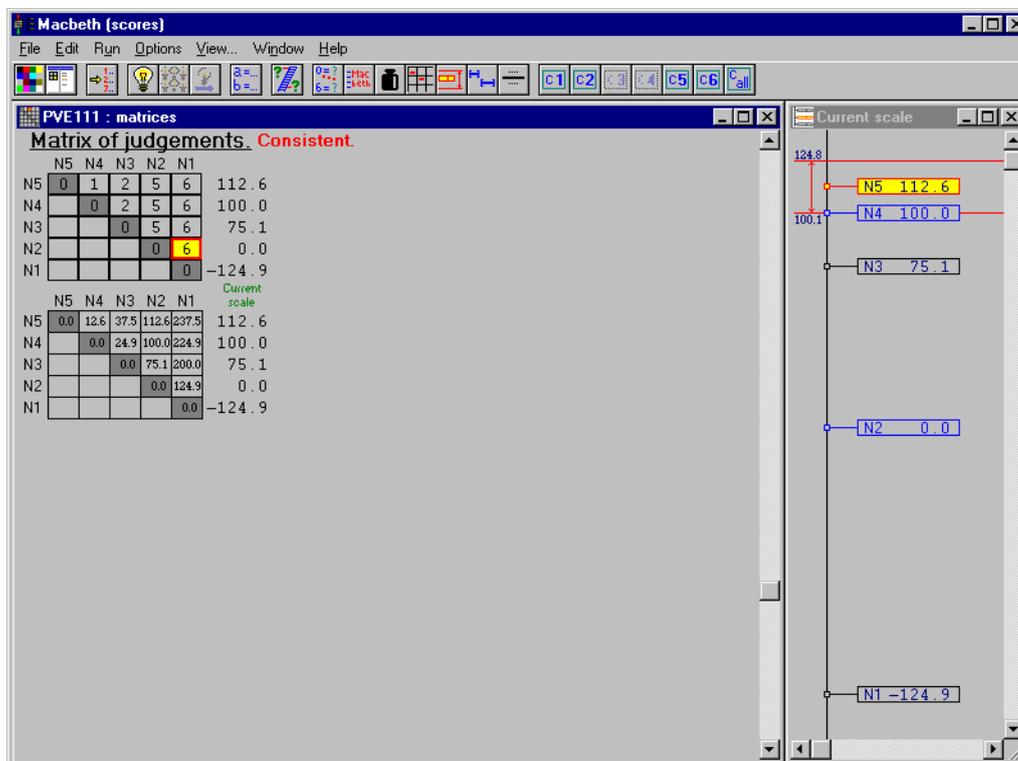


FIGURA 4 – Matriz de juízos de valor corrigida do PVE 1.1.1 – gastos com manutenção

A figura 5 mostra o descritor e a função de valor antes e depois da ancoragem do PVE 1.1.1 – gastos com manutenção.

Descritor para o PVE 1.1.1 - gastos mensais				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Função de Valor	Ancoragem bom e neutro
N5		entre 0 e 250 reais	100	112,6
N4	Bom	entre 250 e 300 reais	94,7	100
N3		entre 300 e 350 reais	84,2	75,1
N2	Neutro	entre 350 e 400 reais	52,6	0
N1		mais de 400 reais	0	-124,9

FIGURA 5 – Descritor e função de valor transformada para o PVE 1.1.1

Na figura 6, utiliza-se o gráfico como forma de apresentação das escalas. O gráfico tem por objetivo auxiliar o decisor na validação destas. Verifica-se que a função de valor obtida nesse ponto de vista tem um formato côncavo. Passar de um nível (N1), em que os gastos podem extrapolar 400 reais mensais com a manutenção do sítio, para um nível (N2) em que esses gastos fiquem limitados entre dois valores (350 e 400 reais mensais) possui um grande impacto. Passar do nível N2 (gastos entre 350 e 400 reais mensais) para o nível N3 (entre 300 e 350 reais mensais) também possui um impacto acentuado. Embora acima desses níveis a diferença de atratividade diminua, a transposição de N3 para o nível N4 também causa um relativo impacto. Já a passagem do nível N4 para o N5 representa um baixo impacto, uma vez que, se os gastos estiverem entre 250 e 300 reais mensais (N4), já estarão em um nível considerado bom pelo decisor.

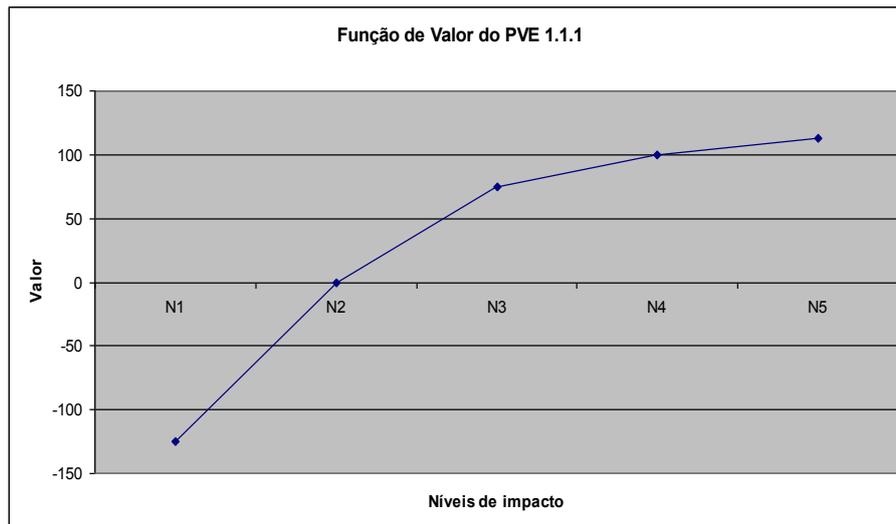


FIGURA 6 – Gráfico da função de valor do PVE 1.1.1 – gastos com manutenção

Por meio do mesmo processo, foram construídos os demais descritores e as funções de valor transformadas para o modelo “Compra de um sítio para a família”.

### 3 TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO

Esta seção aborda a determinação das taxas de substituição, as quais permitem agregar as avaliações locais dos pontos de vistas fundamentais (feitas na seção anterior). As taxas de substituição expressam, segundo o julgamento do decisor, a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer em um critério para compensar o ganho de desempenho em outro (BOUSSOU, 1986; KEENEY, 1992; KEENEY; RAIFFA, 1993; ROY, 1996, apud ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

De acordo com Ensslin e Noronha (1998), as taxas de substituição transformam valores locais de preferência (avaliados em cada critério) em valores globais de preferência (agregando as avaliações locais das ações potenciais numa única avaliação global), por meio de um procedimento de agregação aditiva. A obtenção das taxas de substituição processa-se em dois momentos. O primeiro consiste na ordenação, através da matriz de Roberts (1979), de todos aqueles PVEs que tiveram a construção de descritores e, a seguir, de todos PVFs.

Em um segundo momento, constrói-se uma matriz de juízos de valor que, com o auxílio do programa MACBETH (que utiliza a comparação par-a-par como lógica para determinar as taxas de substituição), fornece uma escala cardinal, a qual, devidamente corrigida através de procedimento linear (assim como na avaliação local), vem a gerar as taxas de substituição entre os pontos de vista do modelo (DUTRA, 1998). Segundo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), “o procedimento adotado por este método consiste em comparar par-a-par ações fictícias com performances diferentes em apenas dois critérios, e com desempenho idêntico nos demais. Nestes dois critérios, uma ação possui o nível de impacto Bom no primeiro critério e o Neutro no segundo, enquanto uma segunda ação possuiria o nível Neutro no primeiro critério e o Bom no segundo”.

Desse modo, para o caso específico em estudo, no PVF 1.1 – custo de manutenção, no qual foram construídos três descritores (gastos mensais, taxas e impostos, mão-de-obra) e, por consequência, três escalas de valor, para que fosse possível obter uma avaliação local das ações foi necessário agregar avaliações sobre os pontos de vista elementares para os quais foram geradas escalas de valor cardinais locais.

A fim de operacionalizar tal procedimento, foram criadas duas ações (sítios): o sítio A, com impacto Bom no PVE 1.1.1 – gastos mensais em manutenção e Neutro nos demais PVEs, e o sítio B, com impacto Bom no PVE 1.1.2 – taxas e impostos e Neutro nos demais (Figura 7).

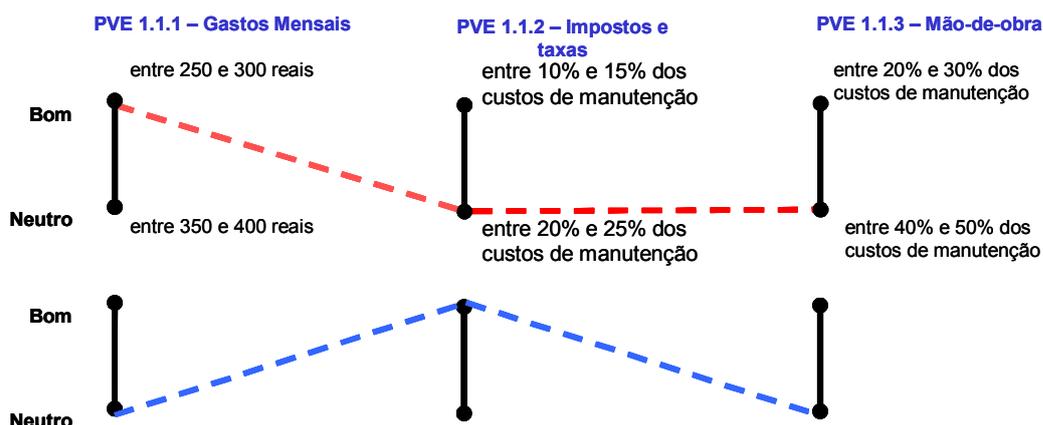


FIGURA 7 – Performance das ações A e B nos PVEs do PVF custo de manutenção

Visando a ordenar os pontos de vista elementares, fez-se a seguinte pergunta ao decisor: “Sr. Decisor, qual sítio é preferível: o sítio A, com gastos mensais em manutenção entre 250 e 300 reais, sendo que são comprometidos entre 20% e 25% com taxas e impostos, e entre 40% e 50% com mão-de-obra; ou um sítio B, com gastos mensais em manutenção entre 350 e 400 reais, com taxas e impostos entre 10% e 15% desses custos e gastos com mão-de-obra entre 40% e 50%”.

Este tipo de comparação foi feito com ações que representassem todas as combinações possíveis, par-a-par, dos pontos de vista elementares, de maneira que fosse possível preencher uma matriz de ordenação de pontos de vista, conforme a figura 8.

MATRIZ DE ROBERTS					
Combinações	PVE 1.1.1	PVE 1.1.2	PVE 1.1.3	SOMA	ORDEM
PVE 1.1.1		1	1	2	1o
PVE 1.1.2	1		0	1	2o
PVE 1.1.3	0	0		0	3o

FIGURA 8 – Matriz de ordenação com os PVEs do PVF custo de manutenção ordenados

Após a ordenação dos pontos de vista elementares, uma matriz de juízos de valores foi construída, por meio do MACBETH, para determinar as taxas de substituição entre os três PVEs. Ao decisor, pediu-se que fizesse um julgamento semântico (utilizando as mesmas categorias já apresentadas na seção 2) entre as duas ações potenciais A e B.

A esse respeito, duas considerações devem ser feitas. A primeira é que, o que está se comparando são as ações potenciais e não os pontos de vista elementares diretamente (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). A segunda consideração é que a diferença entre a matriz construída para determinar funções de valor no MACBETH e as utilizadas para determinar as taxas de substituição é a introdução de uma ação de referência A0, que possui todos os impactos no nível Neutro (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

A figura 9 apresenta as taxas de substituição calculadas pelo MACBETH, dos pontos de vista elementares do PVF 1.1 – custo de manutenção.

	PVE	MACBETH	%
PVE 1.1.1	Gastos mensais	4	44
PVE 1.1.2	Taxas e impostos	3	33
PVE 1.1.3	Mão-de-obra	2	22
A0	Variável artificial	0	0

FIGURA 9 – Taxas de substituição dos PVEs do PVF – 1.1 custo de manutenção

Da mesma forma, procedeu-se com os demais PVEs e subPVEs que tiveram descritores construídos. Com o término da identificação das taxas de substituição para os pontos de vista elementares que tiveram descritores construídos, atinge-se o estágio do processo de apoio à decisão que permite avaliar as ações localmente, sobre cada ponto de vista fundamental (DUTRA, 1998).

Entretanto, a avaliação local, isoladamente, não contribui para a determinação do perfil geral das alternativas de sítio. É necessário, portanto, a identificação das taxas de substituição entre os pontos de vista fundamentais. O procedimento, para tanto, é similar ao apresentado anteriormente.

Inicialmente, é realizada a ordenação dos PVFs, por meio de questionamentos feitos aos decisores (DUTRA, 1998). Como exemplo, apresenta-se a pergunta referente ao PVF 2.1 – suporte básico em relação ao PVF 2.2 – tamanho. O decisor emitiu seus julgamentos sobre qual das duas alternativas abaixo lhe seria mais atrativa: “Sr. Decisor, estando os pontos de vista PVF 2.1 – suporte básico e PVF 2.2 – tamanho, ambos no nível Neutro, seria mais atrativo passar para o nível Bom no PVF 2.1 ou PVF 2.2, mantidos os demais PVFs no nível Neutro?”

Esse questionamento foi feito com todos os PVFs. A figura 10 apresenta a matriz ordenação resultante desse procedimento.

MATRIZ DE ROBERTS (1979, pg. 103)												
Combinações	PVF 1.1	PVF 1.2	PVF 2.1	PVF 2.2	PVF 2.3	PVF 3.1	PVF 3.2	PVF 3.3	PVF 4.1	PVF 4.2	SOMA	ORDEM
PVF 1.1		0	0	0	1	0	1	1	0	0	3	8°
PVF 1.2	1		0	0	0	0	1	1	0	0	3	7°
PVF 2.1	1	1		1	0	0	1	0	0	0	4	6°
PVF 2.2	1	1	0		0	1	1	1	0	0	5	5°
PVF 2.3	0	1	1	1		0	1	1	0	0	5	4°
PVF 3.1	1	1	1	0	1		1	0	1	1	7	1°
PVF 3.2	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	10°
PVF 3.3	0	0	0	0	0	1	1		0	0	2	9°
PVF 4.1	1	1	0	1	1	0	1	1		0	6	3°
PVF 4.2	1	1	0	1	1	0	1	1	1		7	2°

FIGURA 10 – Matriz de ordenação dos pontos de vista fundamentais

O próximo passo foi a construção da matriz de juízos de valor, para a determinação das taxas de substituição dos pontos de vista fundamentais. Com base nas respostas obtidas a partir de questionamento ao decisor, preencheu-se a matriz no *software* MACBETH, que gerou a escala cardinal, e esta, devidamente corrigida através do processo de transformação linear, teve por resultado as taxas de substituição entre os PVFs, conforme mostra a figura 11.

PVj	PVFs	MACBETH	%
PVF 3.1	ecologia	16,9	17
PVF 4.2	saúde mental	16,6	17
PVF 4.1	saúde física	14,4	14
PVF 2.3	localização	13,4	13
PVF 2.2	Tamanho	11,3	11
PVF 2.1	suporte básico	9,15	9
PVF 1.2	Aquisição	7,04	7
PVF 1.1	manutenção	4,93	5
PVF 3.3	legislação	3,87	4
PVF 3.2	Cultivo	2,46	3
A0	variável artificial	0	0

FIGURA 11 – Matriz de juízos de valor para determinação das taxas de substituição entre PVFs

#### 4 FÓRMULA DE AGREGAÇÃO ADITIVA GLOBAL

Identificadas as taxas de substituição do modelo, busca-se agora agregar as avaliações locais das ações potenciais em uma única avaliação global. O processo de agregação aditiva é certamente o mais simples e, talvez por isso, o mais utilizado dos métodos de agregação adotados em Modelos Multicritério (BANA E COSTA et al., 1995, apud ENSSLIN; NORONHA, 1998). O que esta fórmula de agregação pretende é transformar um modelo que tem múltiplos critérios num modelo com critério único, que é a pontuação final que uma determinada ação recebe. A fórmula de agregação aditiva é dada pela seguinte equação (BANA E COSTA, 1995 apud ENSSLIN; NORONHA, 1998):

$$V(a) = \sum_i^n v_i(a) \cdot w_i$$

onde:  $V(a)$  – Valor Global da ação  $a$ .

$v_i(a)$  – Valor parcial da ação  $a$  no  $i$ -ésimo critério com  $i = 1, 2, \dots, n$ .

$w_i$  – Peso ou Taxa de Substituição do  $i$ -ésimo critério com  $i = 1, 2, \dots, n$ .

$n$  – número de critérios do modelo.

Sob esse enfoque, para o modelo da “Compra de um sítio para família”, têm-se as seguintes fórmulas de agregação por área de interesse:

Área de interesse 1 – CUSTOS:

$$V_1(a) = 0,05(0,44 * v_{1.1.1}(a) + 0,33 * v_{1.1.2}(a) + 0,22 * v_{1.1.3}(a)) + 0,07(0,35 * v_{1.2.1}(a) + 0,48 * v_{1.2.2}(a) + 0,17 * v_{1.2.3}(a))$$

Área de interesse 2 – INFRAESTRUTURA:

$$V_2(a) = 0,09 * v_{2.1}(a) + 0,11 * v_{2.2}(a) + 0,13 * v_{2.3}(a)$$

$$v_{2.1}(a) = 0,33 * (0,35 * v_{2.1.1.1}(a) + 0,23 * v_{2.1.1.2}(a) + 0,42 * v_{2.1.1.3}(a)) + 0,19 * (0,37 * v_{2.1.2.1}(a) + 0,63 * v_{2.1.2.2}(a)) + 0,48 * (0,67 * v_{2.1.3.1}(a) + 0,33 * v_{2.1.3.2}(a))$$

$$v_{2.2}(a) = 0,65 * v_{2.2.1}(a) + 0,35 * (0,47 * v_{2.2.2.1}(a) + 0,20 * v_{2.2.2.2}(a) + 0,33 * v_{2.2.2.3}(a))$$

$$v_{2.3}(a) = 0,13 * (0,36 * v_{2.3.1}(a) + 0,24 * v_{2.3.2}(a) + 0,40 * v_{2.3.3}(a))$$

Área de Interesse 3 – MEIO AMBIENTE:

$$V_3(a) = 0,17 * v_{3.1}(a) + 0,03 * v_{3.2}(a) + 0,04 * v_{3.3}(a)$$

$$v_{3.1}(a) = 0,4 * v_{3.1.1}(a) + 0,6 * v_{3.1.2}(a)$$

$$v_{3.2}(a) = 0,33 * v_{3.2.1}(a) + 0,43 * v_{3.2.2}(a) + 0,24 * v_{3.2.3}(a)$$

$$v_{3.3}(a) = 0,33 * v_{3.3.1}(a) + 0,17 * v_{3.3.2}(a) + 0,50 * v_{3.3.3}(a)$$

Área de Interesse 4 – SAÚDE:

$$V_4(a) = 0,17 * v_{4.1}(a) + 0,14 * v_{4.2}(a)$$

$$v_{4.1}(a) = 0,5 * v_{4.1.1}(a) + 0,31 * v_{4.1.2}(a) + 0,19 * (0,24 * v_{4.1.3.1}(a) + 0,08 * v_{4.1.3.2}(a) + 0,37 * v_{4.1.3.3}(a) + 0,32 * v_{4.1.3.4}(a))$$

$$v_{4.2}(a) = 0,32 * v_{4.2.1}(a) + 0,18 * v_{4.2.2}(a) + 0,09 * v_{4.2.3}(a) + 0,41 * v_{4.2.4}(a)$$

A fórmula de agregação aditiva global para o modelo é:

$$V(a) = 0,05.V1.1(a) + 0,07.V1.2(a) + 0,09.V2.1(a) + 0,11.V2.2.(a) + 0,13.V2.3(a) + 0,17.V3.1 (a) + 0,03.V3.2(a) + 0,04.V3.3(a) + 0,17.V4.1(a) + 0,14.V4.2(a)$$

## 5 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE IMPACTO

Esta seção apresenta o perfil de impacto das ações, segundo o modelo proposto por este estudo. Compreende-se, por ação, cada alternativa de sítio que teve seu desempenho avaliado. Inicialmente, foi realizada a identificação de ações no mercado imobiliário, através de anúncios em jornais, *sites* da Internet e outros meios de comunicação. Os critérios de rejeição do decisor para possíveis alternativas aumentaram

o grau de dificuldade dessa etapa. Ao final da pesquisa, foram consideradas três ações potenciais. A primeira delas será chamada de “sítio Alfa”, a segunda, “sítio Beta”, e a terceira, “sítio Gama”.

Sob essa perspectiva, para cada ponto de vista onde foram construídos descritores, o decisor identificou o nível de impacto que melhor descrevia a ação potencial, e, a partir da determinação do nível de impacto, obteve-se a pontuação do sítio nesse ponto de vista. A figura 13 mostra o perfil de impacto das três ações, para cada um dos pontos de vista.

Áreas	Critérios	Sítio alfa		Sítio beta		Sítio gama	
		Nível	Pont.	Nível	Pont.	Nível	Pont.
C U S T O S	PVE 1.1.1 – gastos mensais	N3	75	N4	100	N3	75
	PVE 1.1.2 – impostos e taxas	N4	100	N4	100	N4	100
	PVE 1.1.3 – mão-de-obra	N3	71	N2	0	N3	71
	PVE 1.2.1 – investimento	N1	-125	N3	75	N4	100
	PVE 1.2.2 – financiamento	N4	100	N3	67	N3	67
	PVE 1.2.3 – troca por carro	N1	-133	N1	-133	N1	-133
I N F R A E S T R U T U R A	subPVE 2.1.1.1 –acabamento	N6	117	N6	117	N5	100
	subPVE 2.1.1.2 –idade	N6	117	N4	67	N4	67
	subPVE 2.1.1.3 –tamanho	N3	0	N2	-38	N1	-83
	subPVE 2.1.2.1 – tensão	N5	100	N3	0	N3	0
	subPVE 2.1.2.2 – fonte	N5	120	N5	120	N1	-130
	subPVE 2.1.3.1 –qualidade	N3	100	N3	100	N3	100
	subPVE 2.1.3.2 – fonte	N4	100	N5	118	N5	118
	PVE 2.2.1 – área	N6	100	N5	100	N4	55
	subPVE 2.2.2.1 – inclinação	N4	100	N3	67	N3	67
	subPVE 2.2.2.2 – % inclinação	N5	122	N4	100	N4	100
	subPVE 2.2.2.3 –interrupções	N5	122	N5	122	N5	122
	PVE 2.3.1 – distância	N4	100	N2	0	N3	67
	PVE 2.3.2 – acesso	N5	130	N4	100	N3	70
PVE 2.3.3 – tempo	N5	127	N4	100	N3	45	
M E I O  A M B I E N T E	PVE 3.1.1 – mata virgem	N3	50	N3	50	N3	50
	PVE 3.1.2 – animais silvestres	N4	100	N3	34	N4	100
	PVE 3.2.1 – pomar	N4	100	N4	100	N4	100
	PVE 3.2.2 – solo	N3	100	N2	67	N4	122
	PVE 3.2.3 – superfície	N3	100	N3	100	N3	100
	PVE 3.3.1 – reserva ambiental	N5	129	N4	100	N3	71
	PVE 3.3.2 – reserva indígena	N5	100	N5	100	N5	100
	PVE 3.3.3 – litígio, penhora ou júdice	N5	127	N5	100	N5	100
S A Ú D E	PVE 4.1.1 – água	N4	100	N4	100	N3	67
	PVE 4.1.2 – ar	N5	100	N5	100	N5	100
	subPVE 4.1.3.1 – plantas	N4	100	N3	60	N3	60
	subPVE 4.1.3.2 – insetos	N5	150	N3	38	N2	0
	subPVE 4.1.3.3 – outros animais	N5	133	N4	100	N3	50
	subPVE 4.1.3.4 – geografia	N4	100	N4	100	N5	150
	PVE 4.2.1 – caminhar	N5	117	N4	100	N4	100
	PVE 4.2.2 – pescar	N3	83	N5	150	N4	100
	PVE 4.2.3 – nadar	N3	40	N3	40	N5	160
PVE 4.2.4 – área de lazer	N5	140	N4	100	N1	-60	

FIGURA 13 – Perfil de impacto das ações potenciais

Identificados os perfis de impacto das ações potenciais, passa-se agora, para o desenvolvimento da Avaliação Parcial das Ações Potenciais e para a Avaliação Global das Ações Potenciais.

### 5.1 Avaliação parcial das ações potenciais

A figura 14 apresenta a avaliação parcial das ações potenciais – sítio “Alfa”, sítio “Beta” e sítio “Gama”. Para tanto, utilizou-se da fórmula de agregação, para cada um dos pontos de vista fundamentais.

	Custo de manutenção	Custo de aquisição	Suporte básico	Tamanho	Localização	Ecologia	Cultivo	Legislação	Saúde física	Saúde mental
“Alfa”	2,6	-1,3	91,8	104	15,3	80	74	123	103,3	113,4
“Beta”	3,9	2,5	78,6	97,1	8,3	40	68	100	97,4	103,6
“Gama”	4,1	3,1	40,4	67,9	7,7	80	77,8	90,4	79,9	39,8

FIGURA 14 – Avaliação parcial das ações potenciais nos critérios do modelo

Com o intuito de melhor analisar as ações potenciais, foi um gerado gráfico das mesmas, o que permite visualizar de maneira mais clara a performance dessas ações em cada um dos pontos de vista fundamentais. Tais observações podem ser constatadas na figura 15, que tem condensadas as performances das ações “Alfa”, “Beta” e “Gama”.

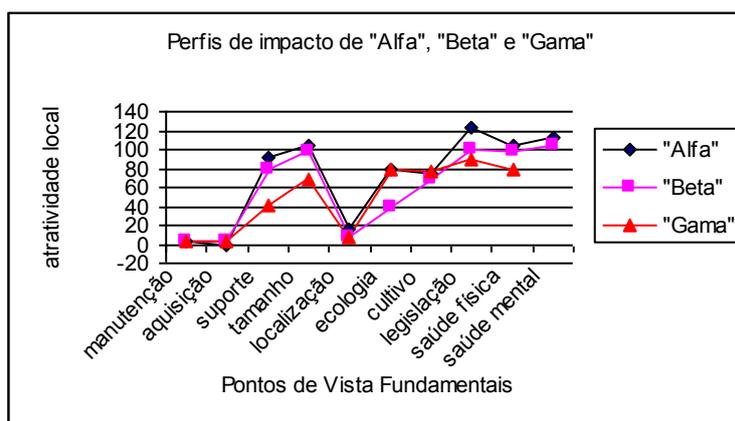


FIGURA 15 – Avaliação parcial das ações potenciais dos sítios “Alfa”, “Beta” e “Gama”

### 5.2 Avaliação global das ações potenciais

Utilizando-se, novamente, a fórmula de agregação aditiva, obteve-se a avaliação global das ações potenciais. A figura 16 demonstra a performance global de cada uma das ações.

	Avaliação global
Sítio “Alfa”	75,90
Sítio “Beta”	63,10
Sítio “Gama”	51,23

FIGURA 16 – Avaliação global das ações potenciais no modelo

Analisando-se a figura 16, é possível observar que a ação “Alfa” teve o melhor desempenho geral na avaliação do modelo, com 75,90 pontos. A alternativa “Beta” ficou com 63,1 pontos, enquanto que, a ação “Gama” apresentou desempenho de 51,23 pontos. Percebe-se, ainda, que a pontuação entre as três ações ficou bastante próxima.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve por objetivo apresentar a metodologia multicritério de apoio à decisão, no processo de escolha de alternativas de sítio para determinado decisor.

Para tanto, inicialmente foram determinadas as funções de valor para os critérios e sub-Critérios. Nesse processo, construiu-se a matriz semântica junto ao decisor, a qual foi gerada no *software* MACBETH. Procedeu-se à ancoragem dos níveis Neutro e Bom (função corrigida).

A seguir, identificaram-se as taxas de substituição do modelo. Estas foram determinadas em dois momentos. No primeiro, foi feita a ordenação dos pontos de vista elementares e pontos de vista fundamentais a partir da matriz de Roberts (1979). Em um segundo momento, construíram-se matrizes de juízos de valor, que, com o auxílio do programa MACBETH, vieram por gerar as taxas de substituição.

Com as taxas de substituição dos subPVEs, PVEs, e PVFs, foi possível construir a fórmula de agregação aditiva global, que tem por objetivo avaliar o modelo como um todo.

Logo após, estabeleceram-se três ações potenciais para o modelo construído e foi definido o perfil de impacto local destas. Procedeu-se à avaliação parcial e avaliação global das ações “Alfa”, “Beta” e “Gama”.

Por fim, o presente trabalho procurou, com base na metodologia multicritério de apoio às decisões, proporcionar ao decisor um melhor entendimento de sua situação decisional, no caso, a “compra de um sítio para a família”. Todas as etapas realizadas para tanto, revestiram-se de um caráter de novidade. Isto, na metodologia multicritério, é mais que do que um pressuposto. É saber que cada situação que envolva uma decisão é única, com procedimentos personalizados para a mesma.

## REFERÊNCIAS

CORRÊA, Emerson Corlassoli. *Construção de um modelo multicritério de apoio ao processo decisório*. Florianópolis, 1996. Dissertação [Mestrado em Engenharia de Produção] – EPS, UFSC.

DUTRA, Ademar. *Elaboração de um sistema de avaliação de desempenho dos recursos humanos da Secretaria de Estado da Administração - SEA à luz da metodologia multicritério de apoio à decisão*. Florianópolis, 1998. Dissertação [Mestrado em Engenharia de Produção] – EPS, UFSC, 1998.

ENSSLIN, Leonardo. *Metodologia multicritério de apoio à decisão*. Florianópolis: UFSC, 2000. Apostila.

ENSSLIN, Leonardo; MORAIS, Marisa; PETRI, Sérgio. Construção de um modelo multicritério em um apoio ao processo decisório na compra de um computador. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18. Rio de Janeiro: UFF, 1998.

ENSSLIN, Leonardo; MONTIBELLER, Gilberto; NORONHA, Sandro. *Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. Florianópolis: Insular, 2001.

ENSSLIN, Leonardo; NORONHA, Sandro. Avaliação de alternativas energéticas para caldeiras utilizadas na indústria têxtil usando uma abordagem MCDA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18. Rio de Janeiro: UFF, 1998.

HAMMOND, John; KEENEY, Ralph; RAIFFA, Howard. *Decisões inteligentes*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

ROBERTS, F. S. Measurement theory: with applications to decisionmaking, utility and the social sciences. In: ROTA, G. C. (Ed.) *Encyclopedia of mathematics and its applications*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1979. v. 7.