



ISSN 2175-6295 Rio de Janeiro- Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010

ESTUDO DE CASO: METODOLOGIAS M-MACBETH E SAD-THOR PARA A TOMADA DE DECISÃO - ESCOLHA DE UM REBOCADOR MARÍTIMO

NILSON TREVISAN TORRES

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção
CASNAV/Centro de Análises de Sistemas Navais

nilson_trevisan@yahoo.com.br

DILSON GODOI ESPENCHITT

CASNAV/Centro de Análises de Sistemas Navais

espen@uol.com.br

MARCOS P. ESTELLITA LINS

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção

estellita@pep.ufrj.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) com o uso das ferramentas computacionais M-MACBETH e SAD-THOR, a fim de subsidiar os tomadores de decisão em um caso de Licitação Pública, por exemplo, após o conhecimento das alternativas, na determinação de pesos consistentes, valorados por meio de uma escala e critérios não redundantes com base na opinião de especialistas. Ao final propõe-se uma comparação entre as duas metodologias e verifica-se a convergência de seus resultados, consagrando-se as duas ferramentas. Para o estudo em questão foram utilizados os programas M-MACBETH e THOR, ambos já referenciados na literatura em aplicações práticas.

PALAVRAS-CHAVES: Apoio Multicritério à Decisão (AMD); M-MACBETH, SAD-THOR, Licitação Pública

ABSTRACT

The present paper presents a case study of Multicritério Decision Aid (AMD) with the use of the computational tools M-MACBETH and SAD-THOR, to subsidize the decision makers in the case of a Public Bidding, for example, after the options knowledge, in determining the consistent weights (valued on a scale) and non-redundant criteria, based on specialist's opinion. At the end, a comparison between both methodologies is proposed, and the convergence of their results is verified, validating both tools. For this study M-MACBETH and THOR programs were used, both already referred in the literature with practical applications.

KEYWORDS: Decision Aid Support (AMD); M-MACBETH, SAD-THOR, Public Bidding.

1.0 Introdução

Este trabalho teve como origem uma situação real, onde se buscou uma análise exploratória para assessorar os tomadores de decisão em um estudo, inicialmente para a atribuição de pesos aos critérios adotados. Para a solução do problema os critérios foram previamente estruturados, gerando uma matriz de decisão (Tabela 1).

A formulação do problema, os critérios e as Alternativas apresentados neste trabalho não são reais, em razão da confidencialidade dos mesmos, entretanto, baseiam-se na metodologia que foi adotada para o estudo real e refletem um problema muito comum em um nível estratégico, onde os tomadores de decisão não conseguem agregar a sua opinião, como especialistas, na distribuição dos pesos aos critérios de decisão em busca da melhor solução para o problema. Tomou-se o devido cuidado na montagem da matriz de decisão a fim de que nenhuma solução fosse perceptivelmente dominada por qualquer outra. Reitera-se que este é um trabalho real para apoiar uma decisão a ser tomada, levando-se em consideração um prazo curto para dar uma sugestão de solução.

Considera-se, por exemplo, que o processo licitatório abarcado em uma das hipóteses de inexigibilidade, dispensa, ou em que o mesmo seja dispensável, poderia receber maior legitimidade a partir do momento em que os pesos dos critérios fossem definidos em um momento anterior ao do conhecimento das Alternativas. É o que já acontece na Europa, como pode ser verificado na *Directive 2004/18/EC, of The European Parliament and of the Council, of 31 march 2004, on the coordination of procedures for the award of public works contracts, public supply contracts and public service contracts*, a qual estabelece que os critérios de avaliação e seus respectivos pesos devem ser anunciados já no momento do convite aos possíveis proponentes, obviamente antes de conhecidas as Alternativas. Especificamente neste trabalho exploratório pressupõe-se que as Alternativas já são conhecidas.

2.0 A Metodologia AMD (Apoio Multicritério à Decisão)

No modelo para tomada de decisão estão compreendidos os seguintes componentes: critérios, pesos e as notas (classificação) que são dadas para cada alternativa em cada critério. Pressupondo-se o conhecimento das preferências dos atores da decisão e a qualidade da avaliação, pode-se admitir que uma ação seja tão boa, melhor ou pior que outra, ou seja, as alternativas podem ser hierarquizadas. A metodologia AMD permite a priorização de alternativas em uma situação de critérios conflitantes, buscando satisfazer as restrições com objetivos conflitantes (BUCHANAN E GARDINER, 2003), ou seja, uma solução de compromisso. Assim sendo, o AMD pode fornecer mecanismos para o apoio à negociação e/ou decisão em grupo. O uso do AMD consiste, segundo Matsatsinis e Samaras (2001), em: estruturar o processo da decisão, identificando regras, critérios e pesos dos critérios; representar as múltiplas visões dos atores da decisão; e agrupar preferências, atribuindo os valores do grupo. Salienta-se que o AMD começa a busca da(s) alternativa(s) de solução do problema pelas alternativas não-dominadas (MARMOL *et al.*, 2002), ou seja, alternativas que superam outras alternativas em todos os critérios, evidenciando a hierarquia de preferência das alternativas. Matsatsinis e Samaras (2001) ainda afirmam que os métodos do AMD são uma excelente ferramenta para redução dos conflitos interpessoais quando o objetivo é obter o consenso, uma vez que busca a minimização de conflitos individuais. Um grande obstáculo a qualquer processo de decisão em grupo e mais ainda na negociação é que cada participante tem a sua percepção do problema alterada de acordo com os resultados possíveis da decisão ou negociação. A percepção das diferenças de visões do problema e/ou preferências individuais aparece quando se pretende criar um modelo que agregue as preferências do grupo, baseado nas preferências individuais.

2.1 A Metodologia MACBETH e o software M-MACBETH

Optou-se pela escolha da metodologia MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), considerada como sendo da Escola Americana de multicritério (GOMES et al., 2004), desenvolvida por Bana e Costa, e Vansnick (1994 e 1997), uma abordagem interativa implementada computacionalmente no software de mesmo nome, e que foi apresentada em Bana e Costa, e Chagas (2004). O método atribui notas a cada alternativa como uma escala de valores de cada critério. Como vantagem, o software MACBETH pode ser utilizado em cada etapa do processo de apoio à tomada de decisões: estruturação (PSM), avaliação, e elaboração de recomendações.

A Metodologia MACBETH é um método que permite representar numericamente os julgamentos dos decisores sobre a atratividade global das ações, unindo a representação numérica da informação com os critérios, dentro de um modelo de avaliação global. É uma abordagem interativa que auxilia a construção de medidas de julgamento sobre o grau de atratividade para o qual os elementos de um grupo de ações potenciais possuem critérios definidos.

Acrescenta-se que no presente estudo, como acontece em situações reais, a Metodologia MACBETH não foi considerada em todas as suas fases, em razão do curto espaço de tempo para a análise e solução do problema, fato este comum e presente hoje nas organizações militares (que urgem de soluções imediatas), e que inviabiliza a confecção de um Mapa Cognitivo (ou Mapas de relações meios-fins), a qual deveria atender, sob os preceitos da “PO SOFT” (ROSENHEAD, 1989), a estruturação de problemas (PSM) com o método SODA (*Strategic Options Development and Analysis*), uma vez que um mapa feito por meio de análise de documentos pode demorar de 3 a 6 semanas para ser executado, enquanto que um feito tendo como base questionários pode demorar ainda mais, em torno de 5 meses (HWANG; LIN, 1987).

Ainda segundo Bana e Costa (2004), a metodologia MACBETH consiste, tecnicamente, na construção de um modelo aditivo simples de avaliação de cuja aplicação resultará na identificação da “proposta economicamente mais vantajosa”; na prática, traduz-se em um procedimento composto por quatro etapas que se desenvolvem em duas fases, a primeira antes e a outra depois de conhecidas as alternativas:

a) Fase I – Estruturação do modelo, que decorre antes da submissão das propostas e integra as etapas de:

1 - Estruturação dos Critérios:

1.1 - Identificação e Descrição dos Critérios de Aceitação/Rejeição de Alternativas, isto é, das condições e requisitos obrigatórios que cada alternativa deve respeitar para poder ser aceita; e

1.2 - Identificação, Descrição e Estruturação do Conjunto de Critérios de Avaliação das Alternativas, isto é, dos aspectos segundo os quais se pretende avaliar o valor intrínseco de cada alternativa, suas vantagens e desvantagens comparativamente com as restantes.

2. Ponderação dos Critérios de Avaliação (que é o alvo da Metodologia proposta neste trabalho).

b) Fase II – Avaliação das propostas, que integra as etapas de:

3 - Apreciação das Alternativas:

3.1 - Identificação das Alternativas Aceitas, por meio da avaliação de cada uma delas em termos de cumprimento de todos os critérios de aceitação;

3.2 - Avaliação Local das Alternativas Aceitas, isto é, separadamente por cada um dos critérios de avaliação, com base em indicadores de performance resultando numa pontuação parcial para cada uma delas segundo cada um desses critérios; e

3.3 - Avaliação Global das Alternativas Aceitas, pelo cálculo de uma pontuação global para cada uma delas por soma ponderada das suas pontuações parciais.

4 - Elaboração de Recomendações para a Adjudicação: exploração do modelo construído pela realização de análises de sensibilidade e de robustez da ordenação final resultante das

pontuações globais das alternativas aceitas.

2.2 O Sistema de Apoio à Decisão (SAD) THOR

O SAD-THOR é um sistema de informação que auxilia na tomada de decisão e pode ser aplicado a qualquer processo decisório em que se tenha pelo menos duas alternativas para a solução. O sistema trabalha com elementos discretos. São eles: alternativas, critérios e decisores. Um processo de tomada de decisão pode ser definido como a eleição por parte de um centro decisor (um indivíduo ou um grupo de indivíduos) da melhor alternativa entre as possíveis. O sistema oferece, por meio de um embasamento técnico-científico, uma classificação das alternativas a partir de entradas do centro decisor que, após “responder ao sistema” as questões necessárias para os cálculos, ordena as alternativas da mais para a menos atrativa. O sistema, quando conveniente, sugere a retirada de alguns critérios, visto que estes não interferem na classificação/ordenação das alternativas. Os critérios são elementos comuns a todas as alternativas e possuem um conjunto de propriedades que serão computadas na ordenação ao final.

Os resultados da ordenação permitem ao decisor avaliar a sua capacidade de mensurar critérios e alternativas, a fim de se chegar o mais próximo possível do esperado; auxiliam o decisor quando o conjunto de alternativas e critérios é bastante elevado, facilitando, dessa forma, a percepção de quais alternativas devem ser consideradas caso um novo processo decisório seja iniciado. A descrição do algoritmo THOR e do software que lhe dá suporte estão em Gomes (1999 e 2005) e Alencar *et al.* (2005). A descrição do algoritmo THOR e do software que lhe dá suporte estão em Gomes (1999 e 2005). A descrição de aplicações do THOR está em: Gomes *et al.* (2000), Gomes *et al.* (2001), Nunes *et al.* (2003), Xavier *et al.* (2004), Fellipo e Gomes (2005), Gomes (2006), Lira *et al.* (2006) e (Gomes *et al.*, 2008). Estas referências mostram aplicações reais do THOR, descrição do algoritmo, e sugerem aplicação do THOR em processos de ordenação.

3.0 Estudo de caso

3.1 Medida e Valoração dos Critérios no M-MACBETH

Apresenta-se inicialmente a Tabela 1 que é a matriz inicial do problema; o problema consiste em escolher a melhor Alternativa para a aquisição de um Rebocador marítimo, usado, com a possibilidade da aquisição do mesmo diretamente de cinco (05) proponentes, com os dados que vieram a constituir a matriz de decisão inicial do problema descritos na Tabela-1.

	ANO FABRICAÇÃO	TRAÇÃO (HP)	AUTONOMIA (MN)	PREÇO (milhões de R\$)
Est1	2000	50	600	10
Est2	1990	100	650	9,5
Est3	1995	85	700	9
Est4	1992	120	500	8,5
Est5	1998	110	650	11

Tabela 1 – Matriz inicial do problema

O objetivo será estabelecer os pesos para os critérios da Tabela I, os quais deverão incorporar a opinião dos especialistas (engenheiros e técnicos que apóiam os decisores), em uma escala semântica, sobre as suas opiniões pessoais para a comparação par a par entre critérios adotados, ou seja, verificar as diferenças de atratividade entre os critérios dados.

Os critérios permitem a avaliação das alternativas e verificar que se ocorrer uma alteração na classificação da alternativa em um dado critério, será observada uma redução ou aumento da satisfação da alternativa. A família de critérios deverá verificar os axiomas de exaustividade, coesão e não-redundância:

- a) Possuir todos os pontos de vista julgados importantes, ou seja, a quantidade de critérios deverá ser completa e exaustiva; deverá conter todos os critérios julgados relevantes para a decisão final [exaustividade];
- b) Ser operacional – a classificação das alternativas nestes critérios deve permitir o seu manuseio por algoritmos;
- c) Ter as preferências parciais modeladas em cada critério, e cada preferência deverá estar de acordo com as preferências globais, estar de acordo com o objetivo [coesão];
- d) Ser legítima e consistente – deve representar de forma clara e correta o juízo de valores do(s) decisor(es); e
- f) Excluir redundância, ou seja, um aspecto abordado por um critério não poderá aparecer em outro critério. Os critérios deverão ser mutuamente exclusivos para evitar a contagem dupla [não-redundância].

Decidiu-se por utilizar um simples artifício matemático para se garantir a maximização de todos os critérios apresentados: ano de fabricação (supondo que estamos no ano de 2000) = (10 – idade); preço = [3-(Preço-8)]. Estes resultados são apresentados na Tabela 2.

	ANO FAB.	TRAÇÃO	AUTONOMIA	PREÇO
Est1	10	50	600	1
Est2	0	100	650	1,5
Est3	5	85	700	2
Est4	2	120	500	2,5
Est5	8	110	650	0

Tabela 2 – Matriz inicial do problema alterada para maximização de critérios

A Tabela 3 sintetiza todos os julgamentos considerados para as entradas no programa MACBETH, com o recurso de se habilitar o “custo” para cada alternativa, no próprio programa. Desta forma, a Tabela 3 não utiliza a transformação do critério custo, conforme apresentado na Tabela 2, e representa as opiniões do grupo, de forma agregada. É importante acrescentar que, para este estudo exploratório utilizou-se como referências de ponderação os valores *default* do programa M-MACBETH (0 e 100). Outro ponto que deve ser considerado é que o M-MACBETH não trabalha com escalas ordinais, mas com escalas semânticas de valoração dos critérios preenchidas pelos especialistas, confrontados através de um modelo aditivo, conforme será apresentado adiante. Este fato gera controvérsias entre os leigos que desconhecem esta metodologia.

BASE DE COMPARAÇÃO INDIRETA											
MATRIZ CRITÉRIO x CRITÉRIO				CRITÉRIO AUTONOMIA: MATRIZ ALTERNAT. x ALTERNAT							
	ANO FAB.	TRAÇÃO	AUTONOMIA		700	650	600	500			
ANO FAB.	X	mt forte	mod.	700	X	fraca	forte	extr.			
TRAÇÃO		X	fraca	650		X	fraca	forte			
AUTONOMIA			X	600			X	mod.			
				500				X			
CRITÉRIO ANO FABRICAÇÃO: MATRIZ ALTERNAT. x ALTERNAT				CRITÉRIO TRAÇÃO: MATRIZ ALTERNAT. x ALTERNAT							
	10	8	5	2	0		120	110	100	85	50
10	X	mt forte	mod.	mt forte	extr.	120	X	mt forte	fraca	forte	extr.
8		X	fraca	mt forte	mt forte	110		X	mt fraca	mod.	mt forte
5			X	fraca	mod.	100			X	mod.	forte
2				X	mt fraca	85				X	fraca
0					X	50					X

Tabela 3 – Julgamentos semânticos – entradas para o programa M-MACBETH

Com base nos julgamentos realizados pelos especialistas, o programa M-MACBETH forneceu como resultados iniciais os pesos sugeridos para o problema, a tabela de pontuações (ranqueamento das alternativas), uma fronteira e uma análise de sensibilidade, como pode ser visto na Figura-1.

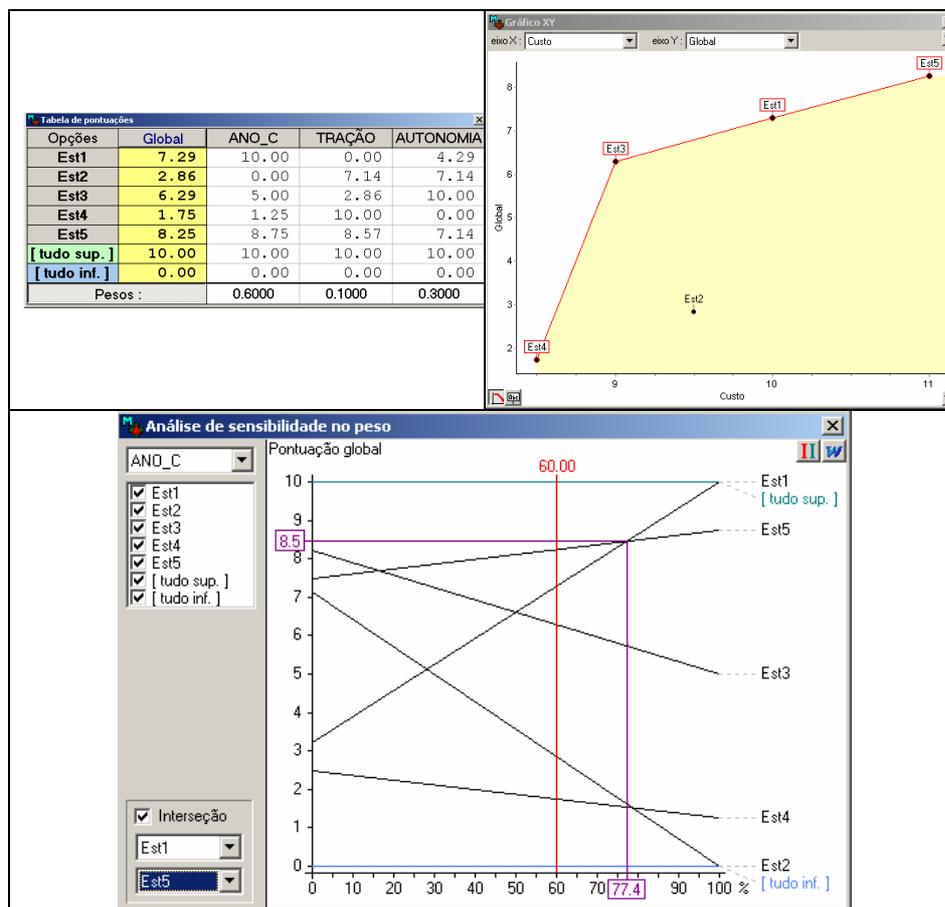


Figura 1 – Resultados fornecidos pelo programa M-MACBETH

Da análise dos resultados da Figura-2, pode-se verificar que o M-MACBETH atribuiu pesos pelo de 60% para ANO_C, 30% para AUTONOMIA e 10% para TRAÇÃO, com a seguinte ordenação final:

$$\text{Est5} > \text{Est1} > \text{Est3} > \text{Est2} > \text{Est4}$$

Da análise de sensibilidade (recurso do programa M-MACBETH) verifica-se que se o peso do critério ANO_C for alterado para qualquer valor acima de 77.4%, a alternativa Est1 passaria a ser a vencedora, com uma nova ordenação:

$$\text{Est1} > \text{Est5} > \text{Est3} > \text{Est2} > \text{Est4}$$

Outra vantagem verificada neste programa é a possibilidade de visualizar uma fronteira, em um gráfico de duas dimensões entre critérios ou custo e critérios, onde podem ser interpretadas relações de dominância entre as Alternativas, para os critérios dados.

3.2 Comparações dos resultados do M-MACBETH com o SAD-THOR

Para esta comparação foi utilizado o critério denominado PREÇO, e não o recurso de custo do programa M-MACBETH. Assim, para a primeira rodada do SAD-THOR, foram utilizados os dados de maximização do problema (Tabela-2) e os pesos inicialmente sugeridos pelo M-MACBETH (Tabela-4), através do recurso de atribuição direta de pesos no SAD-THOR, onde foram observadas as ordenações e *scores* comparativos da Tabela-5.

PESOS MACBETH – 1ª RODADA	
CRITÉRIO	PESO
ANO_DE_CONSTRUÇÃO	53,33%
AUTONOMIA	26,67%
TRAÇÃO	13,33%
PREÇO	6,67%

Tabela 4 – Pesos inicialmente sugeridos pelo programa M-MACBETH

ORDENAÇÕES E SCORES – 1ª RODADA					
SISTEMA	1º LUGAR	2º LUGAR	3º LUGAR	4º LUGAR	5º LUGAR
MACBETH	Est5	Est1	Est3	Est2	Est4
Scores	7,71	6,64	6,21	3,19	2,67
SAD-THOR	Est1	Est5	Est3	Est4	Est2
Scores	2,43	2,33	2,16	0,5	0,5

Tabela 5 – Comparações de Ordenações e Scores do M-MACBETH e SAD-THOR – 1ª Rodada

Observa-se através da Tabela-5 que o sistema SAD-THOR sugere o empate apenas no 3º lugar.

Através de seu recurso de análise de sensibilidade do sistema THOR em S1, verifica-se que este sistema sugere a exclusão do critério PREÇO; foi realizada ainda uma análise de correlação entre os critérios PREÇO e ANO DE FABRICAÇÃO (a qual foge ao escopo deste estudo), onde se verificou uma forte correlação entre estes critérios; retirado este critério, a ordenação do MACBETH não se alterou, mas houve a alteração dos pesos sugeridos pelo MACBETH, e ainda observou-se uma alteração dos scores de pontuação, conforme apresentado nas Tabelas-6 e 7.

PESOS MACBETH – 2ª RODADA	
CRITÉRIO	PESO
ANO_DE_CONSTRUÇÃO	57,14%
AUTONOMIA	28,58%
TRAÇÃO	14,28%

Tabela 6 – Pesos sugeridos pelo programa M-MACBETH com a retirada do critério PREÇO - 2ª Rodada

ORDENAÇÕES E SCORES – 2ª RODADA					
SISTEMA	1º LUGAR	2º LUGAR	3º LUGAR	4º LUGAR	5º LUGAR
MACBETH	Est5	Est1	Est3	Est2	Est4
Scores	8,26	6,94	6,12	3,06	2,14
SAD-THOR	Est1	Est5	Est3	Est4	Est2
Scores	2,57	2,28	1,71	0,5	0,5

Tabela 7 – Comparações de Ordenações e Scores do M-MACBETH e SAD-THOR com a retirada do critério PREÇO – 2ª Rodada

Verifica-se novamente através da Tabela-7 que o sistema SAD-THOR sugere ainda o empate ainda no 3º lugar; na análise de sensibilidade o sistema THOR afirma que não é possível eliminar critérios deste processo de decisão; considera-se que houve a exclusão de um critério redundante, pois não houve alteração na ordenação.

Através do recurso de análise de sensibilidade do M-MACBETH foi possível verificar que se poderia alterar a ordenação final, alterando-se o peso do critério ANO_DE_CONSTRUÇÃO para um valor acima de 79,5% (Figura-2); uma vez realizada esta alteração, com os novos pesos sugeridos pelo M-MACBETH (Tabela-8), verifica-se que houve uma alteração nas ordenações, de acordo com a Tabela-9.

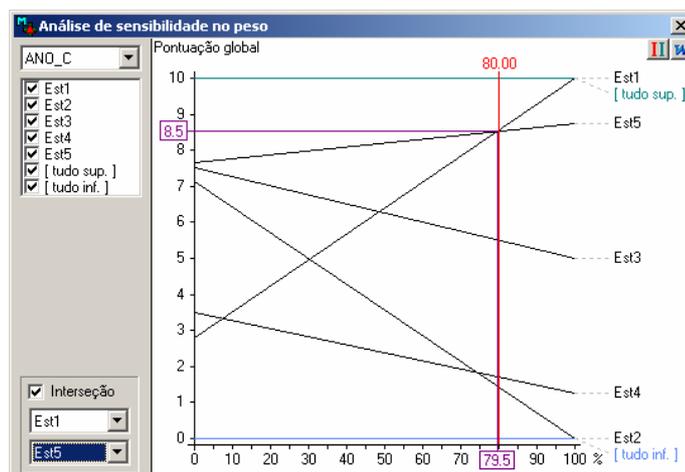


Figura 2 – Análise de Sensibilidade do programa M-MACBETH – 2ª Rodada

PESOS MACBETH – 3ª RODADA	
CRITÉRIO	PESO
ANO_DE_CONSTRUÇÃO	80%
AUTONOMIA	13%
TRAÇÃO	7%

Tabela 8 – Pesos sugeridos pelo programa M-MACBETH alterando-se o peso do critério ANO_DE_CONSTRUÇÃO - 3ª Rodada

ORDENAÇÕES E SCORES – 3ª RODADA					
SISTEMA	1º LUGAR	2º LUGAR	3º LUGAR	4º LUGAR	5º LUGAR
MACBETH	Est1	Est5	Est3	Est4	Est2
Scores	8,56	8,53	5,5	1,7	1,43
SAD-THOR	Est1	Est5	Est3	Est4	Est2
Scores	3,33	2,67	1,86	0,5	0,5

Tabela 9 – Comparações de Ordenações e Scores do M-MACBETH e SAD-THOR alterando-se o peso do critério ANO_DE_CONSTRUÇÃO – 3ª Rodada

Verifica-se que o sistema SAD-THOR sugeriu o empate geral; na análise de sensibilidade o sistema THOR afirma que não é possível eliminar critérios deste processo de decisão. Houve a convergência total na ordenação final das duas metodologias.

4. Conclusão

A partir dos resultados do item 3 verifica-se que:

- a) O M-MACBETH foi útil ao fornecer os pesos iniciais para as entradas do SAD-THOR;
- b) O SAD-THOR, primeiro algoritmo híbrido que agrega simultaneamente conceitos da Teoria dos Conjuntos Aproximativos (TCA), Teoria dos Conjuntos Nebulosos, Teoria da Utilidade e Modelagem de Preferências, ofereceu considerações válidas ao sugerir a exclusão de um critério ao longo do estudo, excluindo a possibilidade da existência de critérios redundantes no estudo;
- c) O SAD-THOR, primeiro algoritmo que permite simultaneamente a entrada de dados de mais de um decisor, possibilitando que estes expressem seu(s) juízo(s) de valor(es) em escala de razões, intervalo ou ordinal, permitiu ainda:
 - a. Uma análise mais rápida e eficiente das alternativas, considerando nesta análise o não-determinismo do processo de atribuição de pesos;
 - b. Quantificou o não-determinismo e o reaplica no processo de ordenação das alternativas; e
 - c. Elimina a necessidade, de alguns algoritmos que se baseiam na Modelagem de Preferências, de determinar um valor, normalmente arbitrário, para a concordância.

d) Percebe-se que ocorre uma convergência total entre os resultados, sendo válida a utilização conjunta das duas metodologias ora apresentadas em estudos futuros. Por fim, conclui-se que o uso do M-MACBETH em conjunto com o SAD-THOR forneceu resultados consistentes para um problema muito comum no Apoio à Decisão, através da valoração dos pesos a serem atribuídos utilizando a própria opinião dos especialistas sem a necessidade do uso de uma escala Likert, por exemplo.

5. Bibliografia

Alencar, L.H.; Gomes, C.F.S. & Costa, A.P.C.S., *Gerenciamento de projeto na construção civil – estudo de caso utilizando o Sistema de Apoio à Decisão (SAD) THOR*. Pesquisa Naval, 18, 110-117, Brasília, 2005.

Bana E Costa, C.A., Vansnick, J.C., *MACBETH – An interactive path towards the construction of cardinal value functions*, International Transactions in Operations Research, 1, pp. 489-500, 1994.

Bana E Costa, C.A., Vansnick, J.C., *Applications of the MACBETH approach in the framework of an additive aggregation model*, Journal of Multicriteria Decision Analysis, 6 (2), pp. 107-11, 1997.

Bana e Costa, C.A. & Chagas, M. P., *A career choice problem: Na example of how to use MACBETH to built a quantitative value model based on qualitative value judgments*, European Journal of Operational Research, 153, 323-331, 2004.

Buchanan, John, Gardiner, Lorraine, *A comparison of two reference point methods in multiple objective mathematical programming*, European journal of Operational Research (EJOR), 149, pág. 17-34, 2003.

Fellipo, S., Gomes, C. F. S., *Aplicação do multicritério na priorização de rodovias federais no contexto de um programa de recuperação ambiental*, XXXVII SBPO, Gramado, p.894-906, 2005.

Gomes, C. F. S., *THOR. Um Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas*, Tese de Doutorado, Eng. Produção, Ufrj, 1999.

Gomes, C. F. S.; Gomes, L. F. A. M., Valle, R., *Aplicação do THOR em um Processo de Seleção de Pessoal*, XXXII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Viçosa, 2000.

Gomes, C. F. S., Gomes, L. F. A. M., Valle, R., *Nova Proposta de Aplicação do Apoio Multicritério à Decisão (Algoritmo THOR) em Ordenação de Alternativas*, XI Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia de Produção, ENEGEP-2001, V. 1, 2001.

Gomes, L.F.A.M., Gonzalezaraya, M.C., Carignano, C., *Tomada de decisões em cenários complexos*. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

Gomes, C. F. S., *Using MCDA Methods THOR in an Application for Outranking the Ballast Water Management Options*, Revista Pesquisa Operacional, vol. 25, num.1, p.11-28, 2005.

Gomes, C. F. S., *Modelagem Analítica Aplicada à Negociação e Decisão em Grupo*, Pesquisa Operacional, v. 26, p. 537-566, 2006.

Gomes, C. F. S., Xavier, L. H., Valle, R., *Multicriteria Decision Making Applied to Waste Recycling in Brazil*, Omega, The international Journal of Management of Science, v. 36, p. 395-404, 2008.

Hwang, C. L.; LIN, M. J., *Group Decision Making under Multiple Criteria*. Berlim: Springer-Verlag, 1987.

Lira, C. F. A., Mota, C. M. M., Gomes, C. F. S., *Seleção de Contratos de Serviço na Construção Civil*, IX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, SPOLM-2006. Rio de Janeiro, p. 187-194, 2006.

Marmol, A. M., Puerto, J., Fernández, F. R., *Sequential incorporation of imprecise information in multiple criteria decision processes*, European journal of Operational Research (EJOR), 137, pág. 123-133, 2002.

Matsatsinis, N.F., Samaras, A.P., *MCDA and preferences disaggregation in group decision*

support systems, European journal of Operational Research (EJOR), 130, pág. 414 a 429, 2001.

Nunes, K. R. A., Gomes, C. F. S., Valle, R., *Centrais de Reciclagem de RCD implantadas no Brasil: Uso da Metodologia THOR para avaliar desempenhos*, VI Simpósio de Pesquisa Operacional e VII Simpósio de Logística da Marinha, Rio de Janeiro, 2003.

Xavier, L. H., Gomes, C. F. S., Valle, R., Nunes, K. R. A., Cardoso, R., 2004, *Multiple criteria decision making and environmental management through THOR system assessment: plastic material waste destination and performance evaluation of Brazilian construction and demolition waste recycling facilities – case studies*, SBPO, 2004, S. João Del Rei, p. 1054-1064.

Rosenhead, J., *Rational Analysis for a Problematic World*, Editora Jhon Wiley & Sons Ltda, 1989.