

UTILIZAÇÃO DE INDICADORES NA ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO COM MÚLTIPLOS CRITÉRIOS

Deborah de Campos Paula

UNESP (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho)
Av. Dr. Ariberto P. Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12.516-410
deborahcpaula@gmail.com

Valério A. P. Salomon

UNESP (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho)
Av. Dr. Ariberto P. Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12.516-410
salomon@feg.unesp.br

RESUMO

MCDM trata do estudo da inclusão de critérios conflitantes na tomada de decisão. Este artigo introduz a utilização de dois indicadores do desempenho da aplicação de métodos de MCDM: Q , a quantidade de dados, e S , um índice de compatibilidade. Estes indicadores podem ser utilizados na análise do desempenho de diferentes métodos de MCDM, como AHP, ANP, MACBETH e TODIM, entre outros. São apresentados os procedimentos para o cálculo de Q e S , além de parâmetros de desempenho. De um mesmo exemplo de estimação da fatia de mercado de três empresas concorrentes, puderam ser obtidas três aplicações diferentes de MCDM, sendo duas do método ANP e uma do AHP. Para estas aplicações, os indicadores Q e S são calculados e analisados.

PALAVRAS CHAVE. AHP, ANP, Compatibilidade, Julgamentos.

Área principal: MC – Multicritério.

ABSTRACT

MCDM is related to the study of the inclusion of conflicting criteria in the decision-making. This paper introduces the use of two performance indicators for the MCDM methods application: Q , the data quantity, and S , a compatibility index. These indicators can be used in the performance of different MCDM methods, like AHP, ANP, MACBETH, and TODIM, to name a few. There are presented the computing procedures of Q and S , and also their performance parameters. From the same example of market share estimation about three competitor companies, they can be obtained three different applications: two ANP applications and one AHP application. For these applications, Q and S are computed and analyzed.

KEYWORDS. AHP, ANP, Compatibility, Judgments.

Main area: MC – Multicriteria.

1. Introdução

MCDM (*Multiple-Criteria Decision-Making*) se trata do estudo da inclusão de critérios conflitantes na tomada de decisão, conforme definido pela *International Society on MCDM* (2008). É uma disciplina da qual tem sido produzido um grande número de artigos práticos ou teóricos e de livros, desde a década de 1960, conforme Roy (2005). Dentre tantos benefícios da aplicação de métodos de MCDM, Banville et al. (1998) destacam:

- Análise do contexto da tomada de decisão, identificando-se os atores, soluções alternativas, consequências, *stakeholders*, etc.
- Organização ou estruturação do processo de tomada de decisão, a fim de se obter coerência entre o objetivo da decisão e a decisão final a que se chegou.
- Cooperação e consenso entre os atores da tomada de decisão.
- Legitimação da decisão final.

Figueira, Greco e Ehrgott (2005) editaram contribuições de 49 autores sobre o estado da arte teórico e prático em MCDM. Dentre os vários métodos de MCDM, podem ser citados: AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e ANP (*Analytic Network Process*), propostos por Saaty (1980 e 2001); a família de métodos ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*), desenvolvida a partir de Roy (1968); MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), proposto por Bana e Costa e Vansnick (1994); e TODIM (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério), concebido em sua forma atual ao início dos anos 90 (GOMES, 2007).

Considerando a aplicação de um método de MCDM como sendo um processo, dois indicadores do desempenho podem ser citados: Q , a quantidade de dados, e S , o índice de compatibilidade, proposto por Saaty (2005). O indicador Q se relaciona com a eficiência do processo; já o indicador S se relaciona com a eficácia da aplicação do método. O objetivo deste artigo é apresentar a utilização destes indicadores na análise do desempenho de aplicações de métodos de MCDM. Uma abordagem quantitativa de pesquisa, a Modelagem Matemática (BERTRAN e FRANSOO, 2005) será adotada. Conforme observado em Salomon (2004), nas pesquisas sobre MCDM, a modelagem consiste, basicamente, em: definição dos critérios e alternativas; atribuição de valores de importância para os critérios e valores de desempenho para as alternativas; e, finalmente, síntese dos resultados.

Na Seção 2, estão apresentados os procedimentos para cálculo dos indicadores Q e S . Também estão propostos parâmetros para utilização destes indicadores na análise do desempenho da aplicação de métodos de MCDM. Na Seção 3, apresentam-se três aplicações diferentes de MCDM, para um mesmo exemplo: a estimação da fatia de mercado de três empresas concorrentes. Trata-se de duas aplicações de ANP (ADAMS, 2005; SAATY e OZDEMIR, 2005) e uma de AHP (ADAMS, 2005). O artigo se encerra com comentários sobre os valores obtidos para os indicadores Q e S com estas aplicações, na Seção 4.

2. Indicadores do desempenho da aplicação de métodos de MCDM

Conforme observado por Miranda e Almeida (2004), a aplicação de diferentes métodos de MCDM pode gerar resultados distintos. Quando diferentes vetores de decisão são considerados próximos entre si, então, diz-se que eles são *compatíveis*. Saaty (2005) e Garuti (2007) propõem a utilização de índices de compatibilidade. Devido à novidade do assunto, acredita-se que o presente artigo seja o primeiro texto publicado na língua portuguesa sobre a utilização de índices de compatibilidade

Nesta seção, estão apresentados os conceitos e o procedimento de cálculo de S , o índice de compatibilidade proposto por Saaty (2005), baseado em conceitos da Álgebra Linear. S pode ser considerado um indicador da eficácia da decisão, se depois de tomada a decisão puderem ser obtidos valores reais. Neste caso, S indicará a compatibilidade entre \mathbf{u} , o vetor de decisão obtido com a aplicação de um método de MCDM, e \mathbf{v} , um vetor obtido com dados reais, *ex-post facto*.

S indica o distanciamento entre dois vetores, \mathbf{u} e \mathbf{v} . Quanto mais o valor de S se aproxima de 1, mais próximos os vetores estão entre si. Saaty (2005) sugere que \mathbf{u} e \mathbf{v} não sejam considerados compatíveis para $S > 1,1$. S é obtido da Equação 1, onde n é o número de componentes de cada vetor, \mathbf{e} é um vetor de ordem n com todos os componentes iguais a 1, \mathbf{A} e \mathbf{B} são matrizes obtidas a partir dos componentes dos vetores ($a_{ij} = u_i/u_j$ e $b_{ij} = v_i/v_j$) e $\mathbf{A} \bullet \mathbf{B}$ é o Produto Haddamard entre estas matrizes, ou seja, $a_{ij} \bullet b_{ij} = a_{ij} b_{ij}$.

$$S = \left(\frac{1}{n^2} \right) \mathbf{e}^T \mathbf{A} \bullet \mathbf{B}^T \mathbf{e} \quad (1)$$

A quantidade de dados necessária para a tomada de decisão, Q , também pode variar de acordo com o método de MCDM aplicado. Por exemplo, Salomon e Shimizu (2006) apresentaram a aplicação dos métodos AHP, ELECTRE I e MACBETH na solução do mesmo exemplo de seleção de fornecedores. As aplicações de AHP e ELECTRE I necessitaram da metade da quantidade de dados da aplicação de MACBETH. Os dados também podem variar na sua característica. Por exemplo, aplicações de ELECTRE I necessitam da atribuição direta de valores de desempenho das alternativas de acordo com os critérios. Aplicações de AHP ou de MACBETH necessitam de julgamentos, baseados em escalas predeterminadas (1 a 9 para AHP e 0 a 6 para MACBETH), entre as alternativas aos pares.

Para aplicações de AHP, Q pode ser obtida pela Equação 2, onde N é o número total de matrizes de julgamentos e n_i é a ordem da i -ésima matriz.

$$Q = \sum_{i=1}^{i=N} \frac{n_i(n_i - 1)}{2} \quad (2)$$

Q indica o esforço para a tomada de decisão; quanto menor Q , menor foi o esforço para a tomada de decisão, ou seja, menos julgamentos foram necessários. A redução de Q é um tema de pesquisa para aplicações de MCDM em tomada de decisões complexas, envolvendo vários critérios e sub-critérios (MILLET e HARKER, 1990).

Na próxima seção estão apresentados exemplos de cálculos de Q e S . A Seção 4 apresenta a interpretação dos valores obtidos.

3. Aplicações de Métodos de MCDM

Nesta seção, a estimativa da fatia de mercado entre as grandes lojas de departamentos norte-americanas é estudada para ilustrar a utilização dos indicadores Q e S . Apenas as redes de lojas Kmart, Target e Wal-Mart foram consideradas.

A Figura 1 apresenta uma estrutura hierárquica para este problema, obtida com aplicação do método AHP (ADAMS, 2005). Observa-se cinco grupos de critérios: *Características da Loja*, *Clientela*, *Localização*, *Merchandise* e *Propaganda*. Em cada grupo há de três a cinco sub-critérios: por exemplo, para *Propaganda* tem-se E-mail, Material Impresso, Rádio e TV.

Devido aos conjuntos de critérios, sub-critérios e alternativas, são necessárias 25 matrizes de julgamentos: 1 matriz 5x5 para se determinar o peso dos critérios, cinco matrizes (de 3x3 a 5x5) para se determinar os pesos dos sub-critérios em cada critério e 19 matrizes 3x3 para se obter o desempenho das alternativas de acordo com cada sub-critério. Substituindo valores na Equação 2, obtêm-se $Q = 95$ julgamentos.

O resultado desta aplicação do AHP é uma fatia de 18% para Kmart, 18% também para Target e 64% para Wal-Mart. No final desta seção, este resultado está comentado, inclusive com a utilização do indicador S .

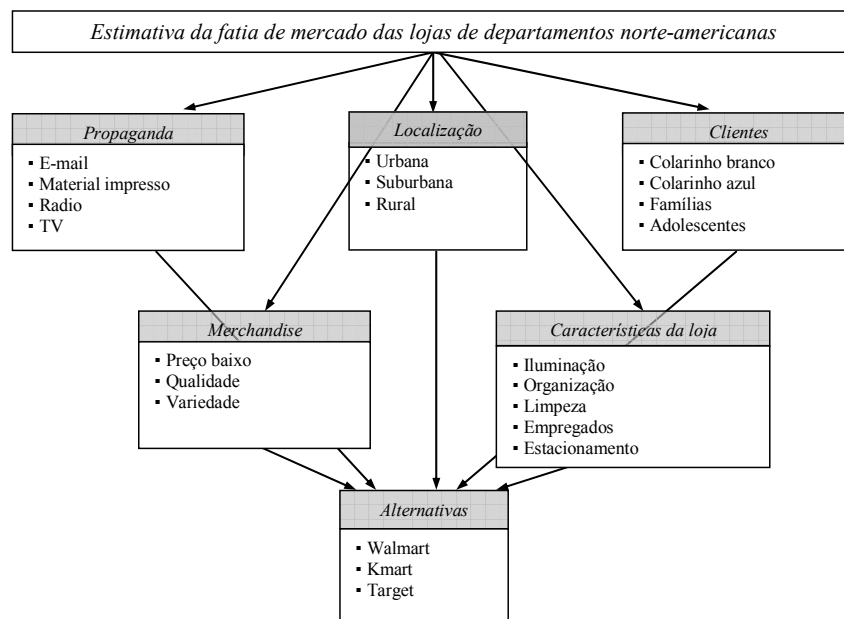


Figura 1. Modelo de tomada de decisão com o método AHP (adaptada de ADAMS, 2005).

A Figura 2 apresenta a aplicação do método ANP, de acordo com Adams (2005). Observa-se que as alternativas foram consideradas influentes, ou seja, o seu desempenho não pôde ser considerado independente. Esta é uma consideração plausível para os dias atuais, de acordo com Salomon e Whitaker (2007). Afinal, atualmente, diversas empresas praticam técnicas como o *Benchmarking*. Também pode ser observado que alguns grupos de critérios foram considerados intradependentes (*Merchandise*, por exemplo) e interdependentes (por exemplo, *Localização* e *Propaganda*).

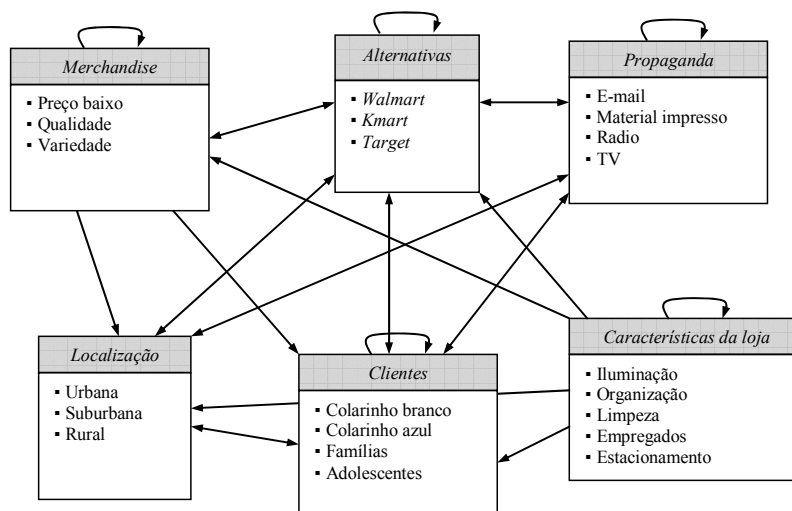


Figura 2. Modelo de tomada de decisão com o método ANP (adaptada de ADAMS, 2005).

Foram necessárias 79 matrizes de julgamentos para a aplicação de ANP realizada por Adams (2005). Um procedimento para facilitar a obtenção da quantidade de matrizes de julgamentos é a utilização de matrizes de alcance (SALOMON, 2004; SALOMON e WHITAKER, 2007). As 79 matrizes resultaram em $Q = 334$ julgamentos.

O resultado desta aplicação do ANP é uma fatia de 25% para Kmart, 15% para Target e 60% para Wal-Mart. Este resultado também está comentado no final da seção, com a utilização do indicador *S*.

A Figura 3 apresenta uma aplicação diferente do método ANP, de acordo com Saaty e Ozdemir (2005). Observa-se que as mesmas lojas foram consideradas. Contudo, há uma variação no conjunto de critérios. A maioria dos critérios foi mantida e novos critérios foram adicionados.

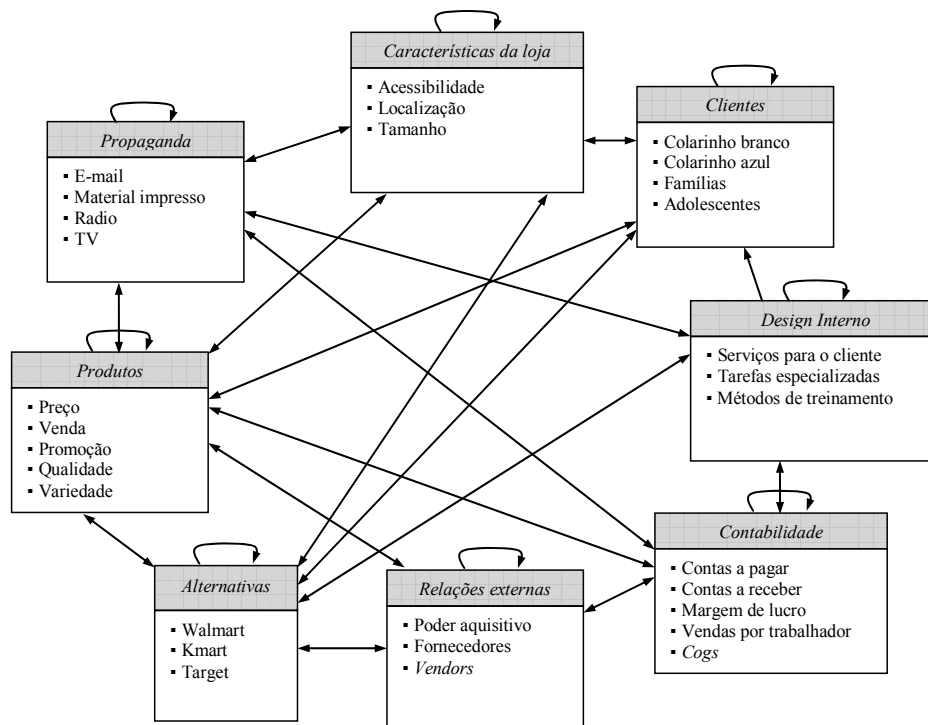


Figura 3. Modelo de tomada de decisão com o método ANP (adaptada de SAATY e OZDEMIR, 2005).

Foram necessárias para esta nova aplicação do ANP 134 matrizes de julgamentos. Estas matrizes resultaram em $Q = 771$ julgamentos. O resultado da nova aplicação do ANP é uma fatia de 23% para Kmart, 21% para Target e 56% para Wal-Mart.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos com as aplicações de AHP e ANP, além de valores reais de vendas normalizados. Os valores obtidos para S , de acordo com cada aplicação também estão apresentados. Para todas as aplicações, puderam ser obtidos valores de S menores que os 1,1 recomendados por Saaty (2005). Assim, os vetores de fatia de mercado obtidos com as três aplicações podem ser considerados compatíveis entre si e compatíveis com o vetor obtido com dados reais.

Alternativas	AHP (*)	ANP (*)	ANP (**)	Real (**)
Kmart	18 %	25 %	23 %	26 %
Target	18 %	15 %	21 %	19 %
Wal-Mart	64 %	60 %	56 %	55 %
S	1,046	1,018	1,008	

Tabela 1 – Fatia de Mercado das principais lojas de departamento norte-americanas (Fontes: * ADAMS, 2005; ** SAATY e OZDEMIR, 2005)

4. Considerações Finais

Da utilização dos indicadores Q e S , conclui-se que a aplicação de AHP pode ser considerada mais eficiente que as demais. Pois, necessitou de uma menor quantidade de dados (95 julgamentos contra 334 ou 771) para indicar Wal-Mart como líder do mercado. Contudo, apesar de o valor obtido para S ser menor que o parâmetro sugerido, observa-se que a aplicação de AHP indica valores de fatia de mercado iguais para os demais concorrentes. Ou seja, esta aplicação não indica corretamente qual o concorrente ocupa a segunda posição. Este último aspecto sugere que o indicador ou seu parâmetro sejam estudados com mais aplicações.

Outro aspecto a ser considerado é que a aplicação de ANP de Adams (2005) obteve um valor de S relativamente próximo do valor obtido com a aplicação de Saaty e Ozdemir (2005). Para isto necessitou de 437 julgamentos a menos, ou seja, menos da metade. Assim, o desenvolvimento de um novo indicador que leve em consideração, simultaneamente, os atributos eficácia e eficiência surge como tema para novas pesquisas.

A utilização dos indicadores apresentados neste artigo, com aplicações de métodos diferentes de MCDM e em problemas decisórios distintos também surge como tema de pesquisa. Além disso, o questionamento do uso de indicadores ou parâmetros também contribuirá para o desenvolvimento deste tema.

Agradecimentos

Este trabalho contou com apoio financeiro da Pró-Reitoria de Extensão Universitária da UNESP.

Referências

- Adams, B.** Mkt Share Walmart.mod, *Sample file for Super Decisions Software*. Version 1.6.0 Creative Decisions Foundation, Pittsburgh, 2005.
- Bana e Costa, C. A. e Vansnick, J. C.** (1994), MACBETH: an interactive path towards the construction of cardinal value functions, *Int. Trans. Opl. Res.*, 1, 489-500
- Banville, M., Landry, M., Martel, J. M. e Boulaire, C.** (1998), A stakeholder approach to MCDA, *System Research and Behavioral Science*, 15, 15-32.
- Bertrand, J. W. M. e Fransoo, J. C.** (2002) Operations management methodologies using quantitative modeling, *International Journal of Operations & Production Management*, 22, 241-264.
- Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott M.** (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: state of the art surveys*, Springer, New York, 2005.
- Garuti, C.** (2007) Measuring compatibility in weighted environments. *9th ISAHP*, 2007, 1 CD.
- Gomes, L. F. A. M.** *Teoria da Decisão*. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2007.
- International Society on Multiple Criteria Decision Making.** *Mission of the Society*, <http://www.mit.jyu.fi/MCDM/intro.html>, 3, 2008.
- Millet, I., Harker, P. T.** (1990), “Globally effective questioning in the analytic hierarchy process”, *European Journal of Operational Research*, 48, 88-98.
- Miranda, C. M. G. e Almeida, A. T.** (2004). Visão multicritério da avaliação de programas de pós-graduação pela CAPES: o caso da área Engenharia III baseado no ELECTRE II e MAUT, *Gest. Prod.*, 11, 51-64.
- Roy, B.** Paradigms and challenges, em Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott M. (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: state of the art surveys*, Springer, New York, 3-24, 2005.
- Saaty, T. L.** *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- Saaty, T. L.** *The Analytic Network Process: decision making with dependence and feedback*. RWS, Pittsburgh, 2001.
- Saaty, T. L.** *Theory and Applications of the Analytic Network Process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*. RWS, Pittsburgh, 2005.
- Saaty, T.L. e Ozdemir, M.** *The Encyclicon: a dictionary of applications of decision making with dependence and feedback based on the analytic network process*. RWS, Pittsburgh, 2005.
- Salomon, V. A. P.**, Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção, *Tese de Doutorado em Engenharia*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 12, 2004.
- Salomon, V. A. P. e Shimizu, T.** (2006), Performance of three different methods of multiple criteria decision making applied to the supplier selection, *18th ICMCDM*, 200.
- Salomon, V. A. P. e Whitaker, R.** (2007) Decision-making considering dependence relations for the improvement of production management. *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, 4, (aceito para publicação).