



Método de apoio à decisão multicritério para avaliação de fornecedores

Palavras-Chave: Avaliação de fornecedores, fuzzy PROMETHEE, SMAA

Autores(as):

Bruno Gandolfi de Souza, FCA – UNICAMP

Prof^(a). Dr^(a). Betania Silva Carneiro Campello (orientador(a)), FCA - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A seleção de fornecedores é uma decisão estratégica para a competitividade das organizações, com impacto direto na qualidade, custos, agilidade e sustentabilidade das operações (CHOPRA; MEINDL, 2016; CHRISTOPHER, 2016). No entanto, trata-se de uma escolha complexa, pois envolve múltiplos critérios frequentemente conflitantes entre si (YOON; HWANG, 1995; BELTON; STEWART, 2002).

Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA) têm sido amplamente utilizados para sistematizar esse processo, permitindo incorporar preferências, pesos e avaliações diversas (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005; MENDOZA; MARTINS, 2006). A abordagem torna-se ainda mais relevante quando se consideram as incertezas e subjetividades do ambiente decisório, como a avaliação qualitativa de critérios e a indefinição dos pesos (CHEN; WANG; WU, 2011).

Neste projeto, propôs-se o desenvolvimento e aplicação de um modelo de MCDA com base no método Fuzzy PROMETHEE e na Análise Estocástica de Aceitabilidade Multicritério (SMAA), a fim de avaliar fornecedores de forma robusta e alinhada à realidade das organizações.

METODOLOGIA:

A presente pesquisa adota uma abordagem multicritério para a avaliação de fornecedores, utilizando o Fuzzy PROMETHEE e o SMAA, dois métodos complementares, ambos dentro da estrutura do MCDA.

Essa estrutura é um conjunto de métodos e ferramentas que visam dar suporte a decisões complexas ponderadas por múltiplos critérios, frequentemente conflitantes entre si. Ele permite comparar e classificar alternativas com base em diversos aspectos relevantes para os decisores (BELTON; STEWART, 2002). A abordagem multicritério é especialmente útil em contextos como a

seleção de fornecedores, onde aspectos técnicos, econômicos e subjetivos devem levados em consideração (MENDOZA; MARTINS, 2006).

O PROMETHEE é um método que realiza comparações par a par entre alternativas, levando em conta a preferência de uma alternativa sobre outra com base em funções de preferência definidas para cada critério (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986). A versão fuzzy do PROMETHEE, proposta por Chen, Wang e Wu (2011), utiliza números fuzzy, que são representações matemáticas que permitem expressar a incerteza ou imprecisão associada a informações linguísticas, como "bom", "regular" ou "ruim", ou uma nota de 0 a 10.

No modelo aplicado, quatro dos sete critérios definidos foram avaliados com notas de 0 a 10 e convertidos em números fuzzy. A agregação das preferências foi realizada por meio da função de fluxo líquido (ϕ), gerando o ranking dos fornecedores.

A segunda etapa da metodologia consistiu na aplicação do SMAA, um método que avalia a robustez das decisões multicritério frente à incerteza dos pesos dos critérios (LAHTINEN; SALMINEN; TSOUKIAS, 2019), utilizando simulações de Monte Carlo para gerar uma distribuição de pesos plausíveis e, para cada cenário, calcula a posição das alternativas no ranking.

O resultado é expresso por meio de índices de aceitabilidade, que indicam a probabilidade de cada alternativa ocupar determinada posição. Essa abordagem oferece uma perspectiva probabilística do problema decisório e é particularmente útil quando os decisores não conseguem atribuir pesos exatos a cada critério (GRECO et al., 2016).

Toda a modelagem foi implementada em Python dentro do Google Colab, utilizando bibliotecas como: numpy e pandas para estruturação de dados; scikit-fuzzy para modelagem fuzzy; matplotlib e seaborn para visualizações; além de algoritmos próprios para cálculo do fluxo líquido (ϕ) e das simulações de Monte Carlo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A aplicação do Fuzzy PROMETHEE resultou em uma matriz de fluxos líquidos (ϕ) com a classificação dos fornecedores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Scores de Fluxo Líquido e Ranking Final dos Fornecedores (Fuzzy PROMETHEE)

posição	Fornecedor	Fluxo líquido (Φ)
1°	Forn 4	0,5989
2°	Forn 8	0,5078
3°	Forn 9	0,4789
4°	Forn 10	0,2739
5°	Forn 6	0,2256
6°	Forn 7	0,1944
7°	Forn 2	-0,3506
8°	Forn 5	-0,5417
9°	Forn 3	-0,5433
10°	Forn 1	-0,8439

Fonte: O autor.

O fornecedor 4 apresentou a melhor performance agregada, indicando bom equilíbrio entre todos os critérios avaliados. Já o fornecedor 1 teve o menor desempenho geral. Essa ordenação considera a imprecisão natural das avaliações subjetivas e reforça a importância de técnicas fuzzy para o tratamento da incerteza (CHEN; WANG; WU, 2011).

A seguir, o método SMAA foi utilizado para verificar a robustez do ranking frente à incerteza nos pesos, onde a Figura 1 mostra os índices de aceitabilidade de rank gerados por simulações de Monte Carlo.

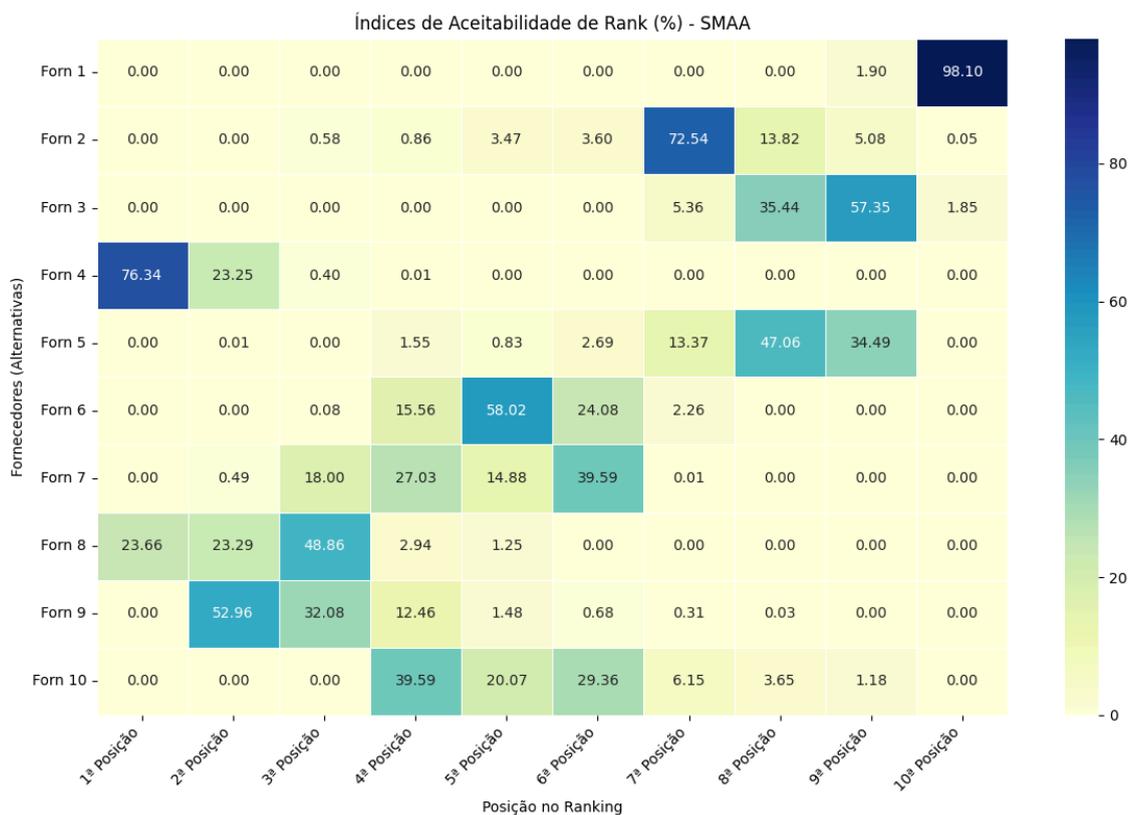


Figura 1 – Índices de Aceitabilidade de Rank (%) após 10.000 simulações - SMAA
Fonte: O autor.

O fornecedor 4 manteve 76,34% de chance de ocupar a primeira posição, enquanto o fornecedor 1 teve 98,10% de chance de ser o último colocado. Fornecedores intermediários (como Forn 5 e Forn 7) apresentaram grande dispersão nas posições, refletindo sensibilidade às variações dos pesos.

A principal contribuição desta pesquisa está na formulação e aplicação de uma abordagem que aprimora o processo decisório na avaliação de fornecedores. A combinação entre o Fuzzy PROMETHEE, capaz de lidar com dados subjetivos e imprecisos por meio da modelagem fuzzy, e o SMAA, que avalia a robustez das decisões frente à incerteza nos pesos dos critérios, resultou em uma ferramenta analítica sólida, transparente e aderente à realidade empresarial. Essa metodologia possibilita que as organizações realizem escolhas mais criteriosas, consistentes e adaptáveis às incertezas, contribuindo para uma gestão de cadeia de suprimentos mais estratégica e competitiva em um ambiente dinâmico.

CONCLUSÕES:

A combinação dos métodos Fuzzy PROMETHEE e SMAA se mostrou eficaz para trabalhar com múltiplos critérios e incertezas presentes no processo de avaliação de fornecedores. O uso da lógica fuzzy permitiu incorporar julgamentos subjetivos de forma mais realista e o SMAA adicionou uma camada essencial de análise de sensibilidade.

A metodologia é aplicável a diferentes setores e contextos decisórios, desde que bem parametrizada, e representa uma alternativa viável e robusta ao processo tradicional de seleção de fornecedores. Como limitação, destaca-se a dependência de dados consistentes e representatividade de cada fornecedor em cada estudo de caso. No entanto, os resultados obtidos contribuem para decisões mais informadas e resilientes no contexto da cadeia de suprimentos.

BIBLIOGRAFIA

BELTON, V.; STEWART, T. J. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, v. 24, n. 2, p. 228–238, 1986.

CHEN, Y.-H.; WANG, T.-C.; WU, C.-Y. Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing. *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 10, p. 13216–13222, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.137>.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 6. ed. Boston: Pearson, 2016.

CHRISTOPHER, M. *Logistics and Supply Chain Management*. 4. ed. London: Pearson, 2016.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York: Springer, 2005.

GRECO, S. et al. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. 2. ed. New York: Springer, 2016.

LAHTINEN, H.; SALMINEN, P.; TSOUKIAS, A. Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA). In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. (Eds.). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. 3. ed. New York: Springer, 2019. p. 303–340.

MENDOZA, G. A.; MARTINS, H. Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management: A Critical Review of Methods and New Modelling Paradigms. *Forest Ecology and Management*, v. 230, n. 1–3, p. 1–22, 2006.

YOON, K. P.; HWANG, C. L. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*. London: Springer, 1995.