

YOSHIO – Proposta de um novo Método de Apoio Multicritério à Decisão

Sérgio Mitihiro do Nascimento Maêda (CASNAV) sergio.maeda@marinha.mil.br

Igor Pinheiro de Araújo Costa (CASNAV) igor.pinheiro@marinha.mil.br

Miguel Ângelo Lellis Moreira (UFF) miguellellis@hotmail.com

Carlos Francisco Simões Gomes (UFF) cfsg1@bol.com.br

Marcos dos Santos (IME) marcosdossantos@ime.eb.br

Resumo

O presente trabalho propõe um novo modelo de Apoio Multicritério à Decisão [MCDA], denominado *Yielding Ordinal Scoring and Holistic Integration Observed* [YOSHIO], sendo de natureza ordinal e com possibilidade de avaliação por múltiplos decisores. O processo de ponderação da importância relativa dos critérios é realizado mediante avaliação por escala verbal, a qual conta com 4 níveis de importância. Para avaliar o desempenho das alternativas é utilizada uma escala Likert composta por 7 pontos, tal como ocorre no método *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors - Multi Decision Makers - Non Compensatory* [SAPEVO-M-NC]. Os resultados iniciais demonstram que a proposta poderá contribuir significativamente para a resolução de problemas reais que envolvem múltiplos critérios e alternativas, apresentando relativa simplicidade de aplicação, resultando em ganhos não só para a academia, mas para a sociedade como um todo.

Palavras-Chaves: *Método de Apoio Multicritério à Decisão, YOSHIO, SAPEVO, MCDA e Processos Decisórios.*

1. Introdução

De acordo com Saaty (2008), todas as nossas ações, sendo elas realizadas de forma consciente ou não, são resultado de um processo decisório, envolvendo diversas informações que devem ser avaliadas para que uma ação seja adotada. Ainda, segundo o autor, a tomada de decisão tornou-se em essência, uma ciência matemática, sendo fundamental termos um entendimento conciso desta valiosa habilidade, para com isso, fazermos as melhores escolhas. Assim, para tomar uma decisão eficiente, faz-se necessário compreender o problema de forma transparente, o propósito da decisão em si, os critérios envolvidos, as possíveis alternativas que atendam as partes interessadas, os grupos afetados, bem como as ações a serem realizadas.



Decisões fundamentadas e estruturadas constitui a base para uma planificação estratégica eficiente, mitigando riscos e perdas no processo, no entanto, torna-se uma tarefa complexa, especialmente quando devem ser adotadas em grupo (Candia-Véjar; González, 2011).

A Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional [SOBRAPO], define a Pesquisa Operacional [PO] como: “a área do conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados, para auxiliar as tomadas de decisão nas mais diversas áreas de atuação humana”. Sua origem remete a interesses na gestão eficiente de processos e recursos tipicamente de logística militar, entretanto, com o avanço de novas metodologias, a PO se expandiu para outras áreas do conhecimento e atualmente, pode auxiliar o(s) decisor(es) na análise dos mais variados tipos de problemas, permitindo a tomada de decisões efetivas, com isso, a construção de sistemas mais eficientes (SOBRAPO, 2020).

Em virtude da complexidade envolvida, a qual se torna mais expressiva à medida que se eleva o número de elementos no processo de decisão, bem como a carga subjetiva presente, podem ocorrer decisões equivocadas pelo avaliador, acabando por comprometer todo o sistema, com isso, surge a necessidade de se estruturar melhor o problema. Nesse contexto, a utilização de ferramentas de apoio multicritério à decisão [AMD], possuem relevância ímpar, proporcionando um embasamento técnico e científico ao(s) decisor(es), as quais visam suprir suas necessidades e anseios de forma mais eficiente. A proposta do método YOSHIO reveste-se de importância, à medida que se traduz em uma ferramenta de apoio à decisão que demanda reduzido esforço cognitivo, mas ao mesmo tempo robusta e transparente, possibilitando maior estruturação da subjetividade inerente aos processos MCDA. Dado o exposto este trabalho tem por objetivo propor um novo método MCDA, multidecisor, de natureza ordinal e com elevado potencial de exploração e contribuição não só para a academia, mas para a sociedade como um todo.

2. Referencial Teórico

Antes de apresentar a metodologia, cabe realizar uma breve explanação dos conceitos fundamentais que permeiam as problemáticas MCDA.

Problemática Multicritério: Surge quando decisões precisam ser tomadas em contextos que envolvem múltiplos objetivos ou critérios que podem ser conflitantes entre si. Por exemplo, em políticas públicas, pode ser necessário ponderar entre custo e impacto ambiental de uma

iniciativa. Conforme exposto por Belton e Stewart (2002), esses problemas caracterizam-se por sua complexidade e pela necessidade de envolver múltiplas perspectivas no processo decisório.

Métodos de apoio à Decisão Multicritério: São ferramentas analíticas desenvolvidas para auxiliar indivíduos (ou grupos) a tomarem decisões estruturadas em cenários complexos. Esses métodos permitem avaliar e comparar alternativas à luz de diversos critérios, auxiliando no processo de escolha. Entre os métodos mais conhecidos estão o *Analytic Hierarchy Process* [AHP] e o *ELimination Et Choix Traduisant la REalité* [ELECTRE], amplamente documentados por Roy (1996) e Saaty (1980), mas também podemos citar outros que estão no estado da arte, como é o caso do método THOR (Gomes et al., 2009), SAPEVO-M (Gomes et al., 2020), SAPEVO-M-NC (Maêda et. al., 2021) e AHP Gaussiano (Santos et al., 2021).

Decisores (ou *stakeholders*): São as pessoas (ou grupos) responsáveis por tomar as decisões em um processo multicritério. Eles definem os critérios relevantes, atribuem pesos (importância relativa) a esses critérios de acordo com suas preferências e avaliam as alternativas. De acordo com Vincke (1992), o papel do decisor é central para garantir que os resultados reflitam os objetivos e os valores do contexto específico da decisão.

Alternativas: Representam as opções disponíveis para escolha no processo decisório. Essas opções são avaliadas com base nos critérios estabelecidos, sendo essenciais para que o método de apoio à decisão forneça uma recomendação útil. Em um cenário de seleção de fornecedores, por exemplo, as alternativas seriam os diferentes fornecedores disponíveis no mercado (Roy, 1996).

Critérios: São os fatores ou atributos usados para avaliar as alternativas. Eles fornecem uma base estruturada para comparar as opções e são definidos de acordo com os objetivos e as preferências do decisor. De acordo com Keeney e Raiffa (1993), os critérios devem ser mensuráveis, relevantes e capazes de captar as diferenças entre as alternativas.

Pesos dos critérios: Indicam a importância relativa de cada critério no processo de decisão. Eles refletem as preferências do decisor, atribuindo maior relevância aos critérios que mais influenciam a escolha. Por exemplo, em uma decisão sobre transporte, o critério "segurança" pode ter um peso maior do que o critério "velocidade".

3. Metodologia

Etapa 1: Ponderação da importância relativa dos critérios

Esta ponderação é realizada mediante uma atribuição direta, evitando a necessidade de se realizar comparações paritárias, reduzindo assim o esforço cognitivo por parte do(s) decisor(es). Para tanto, o método propõe a utilização de uma escala verbal com 4 níveis de importância: Absolutamente Importante [AI], Muito Importante [MI], Importante [I] e Pouco Importante [PI]. Essa escala de quatro pontos foi escolhida para evitar a escolha do “ponto do meio” pelo decisor mais metuculoso. A Tabela 1 apresenta a escala verbal em questão:

Tabela 1 – Escala verbal com 4 níveis de importância

Escala Verbal	AI	MI	I	PI	
Componente Numérico	4	3	2	1	
Valor Normalizado	1	0,75	0,50	0,25	
Limites	4	3	2	1	0

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Supondo que um decisor (D1) tenha que fazer a avaliação da importância relativa de 10 critérios, ex: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10. A Tabela 2 apresenta os resultados da avaliação do Decisor:

Tabela 2 – Distribuição da importância dos critérios pelo Decisor

Escala Verbal	AI	MI	I	PI	
Componente Numérico	4	3	2	1	
Valor Normalizado	C1, C2, C3	C4	C5, C6, C7, C8	C9, C10	
Limites	4	3	2	1	0

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Verifica-se que há variáveis situadas no mesmo nível verbal, possuindo assim a mesma pontuação. Isto não representa nenhum problema, entretanto, o decisor poderá reavaliá-las dentro de cada nível, sendo um refinamento desta classificação. O procedimento será semelhante ao da etapa anterior. O valor normalizado do limite superior da escala obtido nesta nova análise será somado ao valor do fundo da escala do nível onde se posicionou o critério na



primeira avaliação. Este recurso impedirá que critérios classificados em um nível acima na primeira etapa venham a obter a mesma pontuação do nível superior da escala imediatamente abaixo.

OBS: Nível com apenas um critério: soma-se “1” ao valor do limite inferior do nível. A Tabela 3 apresenta a reavaliação das variáveis classificadas no nível (PI): C9 e C10.

Tabela 3 – Reavaliação das variáveis classificadas no nível [PI]

Escala Verbal	AI	MI	I	PI	
Componente Numérico	4	3	2	1	
Valor Normalizado	C9	C10			
Limites	1	0,75	0,5	0,25	0

Fonte: Resultados originais da pesquisa

C9: $0 + 1 = 1$

C10: $0 + 0,75 = 0,75$

A Tabela 4 apresenta a reavaliação das variáveis classificadas no nível (I): C5, C6, C7 e C8.

Tabela 4 – Reavaliação das variáveis classificadas no nível [I]

Escala Verbal	AI	MI	I	PI	
Componente Numérico	4	3	2	1	
Valor Normalizado	C6 e C7		C5	C8	
Limites	1	0,75	0,5	0,25	0

Fonte: Resultados originais da pesquisa

C5: $1 + 0,50 = 1,50$

C6: $1 + 1 = 2$

C7: $1 + 1 = 2$

C8: $1 + 0,25 = 1,25$

A Tabela 5 apresenta a reavaliação das variáveis classificadas no nível [AI]: C1, C2, C3.

Tabela 5 – Reavaliação das variáveis classificadas no nível [AI]

Escala Verbal	AI	MI	I	PI
Componente Numérico	4	3	2	1
Valor Normalizado	C1	C2	C3	
Limites	1	0,75	0,5	0,25

Fonte: Resultados originais da pesquisa

$$C1: 3 + 1 = 4$$

$$C2: 3 + 0,75 = 3,75$$

$$C3: 3 + 0,50 = 3,50$$

Após este refinamento dos critérios, o valor da constante de escala é definido mediante a seguinte normalização: Valor do critério / Soma total dos valores dos critérios. A Tabela 6 apresenta os critérios com os valores ponderados das importâncias relativas, segundo a avaliação realizada.

Tabela 6 – Valores finais (pesos) dos critérios considerados

Critérios	Pontuação Obtida	Valor Normalizado (peso)
C1	4	0,1758
C2	3,75	0,1648
C3	3,5	0,1538
C4	3	0,1319
C5	1,5	0,0659
C6	2	0,0879
C7	2	0,0879
C8	1,25	0,0549
C9	1	0,0440
C10	0,75	0,0330
SOMA (Σ)	22,75	1

Fonte: Resultados originais da pesquisa

No caso de dois ou mais Decisores (D1, D2, D3... Dn), utiliza-se a média geométrica para calcular a pontuação obtida por cada critério, e após, o mesmo procedimento de normalização é realizado.

A média geométrica é utilizada pois ela é menos sensível a presença de “outliers”, atenuando o efeito de valores positivos muito discrepantes. Considerando que o processo de ponderação da importância relativa de fatores depende diretamente da experiência e subjetividade dos Decisores, a presença desses possíveis outliers torna-se relativamente comum. Dado o exposto, a utilização da média geométrica se apresenta como uma medida mais robusta para distribuições de dados distorcidas, dando maior ênfase às proporções relativas entre os números, ao invés de suas magnitudes absolutas (Barlow e Proschan 1975).

Etapa 2: Avaliação do desempenho das alternativas à luz dos critérios envolvidos

Para tanto será utilizada uma escala Likert composta por 7 pontos, como ocorre no método *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors - Multi Decision Makers - Non Compensatory* [SAPEVO-M-NC], proposto por Maeda et. al, 2021. A Tabela 7 apresenta a escala verbal a ser utilizada:

Tabela 7 – Classificação do desempenho das alternativas em cada critério

Classificação ordinal do desempenho da alternativa “i” no critério “j”	Faixas de Classificação
Excelente [E]	1
Muito Bom [MB]	2
Bom [B]	3
Médio [M]	4
Ruim [R]	5
Muito Ruim [MR]	6
Péssimo [P]	7

Fonte: Maêda et al., (2021).

O Decisor realiza as avaliações dos desempenhos das alternativas em cada um dos critérios. Em caso de múltiplos decisores, é utilizada a média geométrica para se obter o desempenho médio das alternativas em relação a cada critério. Após, para cada critério, soma-se os valores obtidos pelas alternativas (soma da linha). A normalização é feita dividindo-se cada elemento pelo valor total da linha em que se encontra matriz.

Para ilustrar essa etapa do método, considere a avaliação do desempenho de seis alternativas (A1, A2...A6) à luz de dez critérios distintos (C1, C2, ..., C10), realizada por um decisor (D1). A Tabela 8 apresenta a matriz de decisão com os julgamentos realizados.

Tabela 8 – Avaliação ordinal dos desempenhos das alternativas segundo o decisor D1.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	M	MR	MB	M	MR	P
C2	MB	R	MB	MR	MB	B
C3	MR	R	MB	E	R	P
C4	E	P	B	MR	M	MR
C5	E	E	B	MB	B	MB
C6	B	P	MR	B	MB	MR
C7	MR	M	MB	R	E	MB
C8	E	M	MB	B	MR	R
C9	B	MB	P	MR	MB	M
C10	MB	B	M	MR	P	P

Fonte: Resultados originais da pesquisa

E a tabela 9 apresenta as faixas de classificação correspondentes, conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 9 – Correspondentes numéricos dos desempenhos das alternativas

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Soma
C1	4	6	2	4	6	7	29
C2	2	5	2	6	2	3	20
C3	6	5	2	1	5	7	26
C4	1	7	3	6	4	6	27
C5	1	1	3	2	3	2	12
C6	3	7	6	3	2	6	27
C7	6	4	2	5	1	2	20
C8	1	4	2	3	6	5	21
C9	3	2	7	6	2	4	24
C10	2	3	4	6	7	7	29

Fonte: Resultados originais da pesquisa

A Tabela 10 apresenta os valores normalizados dos desempenhos das alternativas.

Tabela 10 – Valores normalizados dos desempenhos das alternativas.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	0,138	0,207	0,069	0,138	0,207	0,241
C2	0,100	0,250	0,100	0,300	0,100	0,150
C3	0,231	0,192	0,077	0,038	0,192	0,269
C4	0,037	0,259	0,111	0,222	0,148	0,222
C5	0,083	0,083	0,250	0,167	0,250	0,167
C6	0,111	0,259	0,222	0,111	0,074	0,222
C7	0,300	0,200	0,100	0,250	0,050	0,100
C8	0,048	0,190	0,095	0,143	0,286	0,238
C9	0,125	0,083	0,292	0,250	0,083	0,167
C10	0,069	0,103	0,138	0,207	0,241	0,241

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Etapa 3: Avaliação do desempenho geral das alternativas.

Nesta etapa, obtém-se a soma ponderada do desempenho das alternativas, multiplicando a importância relativa de cada critério pelo desempenho observado de cada uma delas. A tabela 11 apresenta a etapa em lide.

Tabela 11 – Multiplicação dos pesos dos critérios pelos desempenhos das alternativas

Critérios	Peso						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	0,1758	0,138	0,207	0,069	0,138	0,207	0,241
C2	0,1648	0,100	0,250	0,100	0,300	0,100	0,150
C3	0,1538	0,231	0,192	0,077	0,038	0,192	0,269
C4	0,1319	0,037	0,259	0,111	0,222	0,148	0,222
C5	0,0659	X	0,083	0,083	0,250	0,167	0,167
C6	0,0879	0,111	0,259	0,222	0,111	0,074	0,222
C7	0,0879	0,300	0,200	0,100	0,250	0,050	0,100
C8	0,0549	0,048	0,190	0,095	0,143	0,286	0,238
C9	0,0440	0,125	0,083	0,292	0,250	0,083	0,167
C10	0,0330	0,069	0,103	0,138	0,207	0,241	0,241

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Por fim, a Tabela 12 apresenta a pontuação final de cada alternativa.

Tabela 12 – Pontuação final das alternativas

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	0,024	0,036	0,012	0,024	0,036	0,042
C2	0,016	0,041	0,016	0,049	0,016	0,025
C3	0,035	0,030	0,012	0,006	0,030	0,041
C4	0,005	0,034	0,015	0,029	0,020	0,029
C5	0,005	0,005	0,016	0,011	0,016	0,011
C6	0,010	0,023	0,020	0,010	0,007	0,020
C7	0,026	0,018	0,009	0,022	0,004	0,009
C8	0,003	0,010	0,005	0,008	0,016	0,013
C9	0,006	0,004	0,013	0,011	0,004	0,007
C10	0,002	0,003	0,005	0,007	0,008	0,008
Total	0,133	0,205	0,123	0,177	0,157	0,206

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Logo, tem-se a seguinte ordenação:

1º Lugar: A6

2º Lugar: A2

3º Lugar: A4

4º Lugar: A5

5º Lugar: A1

6º Lugar: A3

4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com a aplicação do método YOSHIO são promissores, demonstrando a eficácia e a relevância deste novo modelo de Apoio Multicritério à Decisão (MCDA). Ao aplicar uma escala verbal com quatro níveis de importância e uma escala Likert de sete pontos para avaliar o desempenho das alternativas, o método se mostrou capaz de estruturar a subjetividade inerente aos processos de decisão de maneira clara e transparente.

Os resultados iniciais revelam que o método possui uma grande capacidade de apoiar decisões multicritério de forma eficiente, simplificando o processo de ponderação dos critérios

e avaliação das alternativas. A aplicação permitiu que os decisores realizassem julgamentos de forma mais intuitiva, reduzindo o esforço cognitivo e aumentando a precisão das avaliações.

A reavaliação das variáveis e a normalização dos valores obtidos proporcionam uma visão detalhada e equilibrada das alternativas, destacando os desempenhos relativos de cada uma em relação aos critérios estabelecidos. A utilização da média geométrica para a avaliação por múltiplos decisores contribuiu para a robustez dos resultados, minimizando o impacto de possíveis outliers e proporcionando uma análise mais equilibrada.

A ordenação final das alternativas (A6, A2, A4, A5, A1, A3) demonstra a capacidade do método de distinguir claramente as opções mais vantajosas em relação aos critérios avaliados. Essa clareza é essencial para a tomada de decisões fundamentadas e eficazes.

4.1. Possibilidades de Aplicação

O método YOSHIO apresenta um elevado potencial de aplicação em diversos contextos, tanto acadêmicos quanto práticos. Entre algumas possibilidades de aplicação, pode-se destacar:

- Planejamento Estratégico: pode ser utilizado para apoiar decisões estratégicas em organizações, auxiliando na definição de prioridades e na alocação eficiente de recursos.
- Seleção de Fornecedores: Empresas podem utilizar o método para avaliar e selecionar fornecedores com base em múltiplos critérios, garantindo uma escolha mais fundamentada e alinhada com os objetivos organizacionais.
- Gestão Ambiental: O método pode ser aplicado na avaliação de projetos e iniciativas ambientais, considerando múltiplos critérios, como impacto ambiental, custo e sustentabilidade.
- Políticas Públicas: Governos e entidades públicas podem utilizar o YOSHIO para apoiar a formulação e implementação de políticas públicas, levando em conta diferentes perspectivas e critérios.
- Melhoria da Qualidade das Decisões: O método proporciona uma estruturação clara e transparente da subjetividade envolvida nas decisões, resultando em escolhas mais fundamentadas e eficazes.

5. Considerações Finais

Conforme apresentado, o método YOSHIO tem potencial para contribuir significativamente no campo de Apoio Multicritério à Decisão, combinando simplicidade de aplicação com robustez analítica. Sua natureza ordinal e a possibilidade de avaliação por múltiplos decisores tornam-no uma ferramenta valiosa em diversos contextos. A capacidade do método de estruturar a



subjetividade envolvida nas decisões, proporcionando uma visão clara e organizada das alternativas, é um diferencial importante.

As oportunidades de aplicação do método são vastas, abrangendo desde o planejamento estratégico até a gestão ambiental e a formulação de políticas públicas. Os benefícios potenciais para a sociedade incluem a melhoria da qualidade das decisões, a otimização de recursos e a promoção de práticas mais sustentáveis e eficientes.

Em resumo, o método YOSHIO tem o potencial de se tornar uma ferramenta essencial no apoio à tomada de decisões em contextos cada vez mais complexos e desafiadores, alinhando-se com as necessidades e expectativas da sociedade atual.

Dado o exposto, ressalta-se que o objetivo deste trabalho foi atingido, o qual se concentrou em propor um novo método de Apoio Multicritério à Decisão, denominado YOSHIO. O método foi cuidadosamente desenvolvido para oferecer uma abordagem ordinal com a possibilidade de avaliação por múltiplos decisores, simplificando o processo de ponderação e avaliação de critérios. Através dos resultados obtidos, foi possível demonstrar que o método atende às expectativas iniciais de fornecer uma ferramenta robusta e transparente para a tomada de decisões, com potencial de contribuição não só para a academia, mas para a sociedade como um todo.

Como proposta para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do método em problemáticas MCDA em áreas do conhecimento diversas, bem como estudos de caso comparando com outras metodologias MCDA já consagradas na literatura.

REFERÊNCIAS

BARLOW, R. E., & PROSCHAN, F., (1975). *Statistical Theory of Reliability and Life Testing: Probability Models*. Holt, Rinehart and Winston.

BELTON, V., & STEWART, T. J. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer.
CANDIA-VÉJAR, A.; GONZÁLEZ, J. A. A brief review of tabu search implementation on the traveling salesman problem. *Applied Soft Computing*, v. 11, n. 8, p. 5377–5390, 2011.

Dos Santos, M., Costa, I. P. De A., & Gomes, C. F. S. (2021). Multicriteria Decision-Making in the Selection of Warships: a New Approach to the AHP Method. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 13(1). Disponível em: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v13i1.833>

GOMES, C. F. S., DOS SANTOS, M., TEIXEIRA, L. F. H. S. B., (2020). SAPEVO-M: A group multicriteria ordinal ranking method. *Pesquisa Operacional*, 40, e222547. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/xHJsxR6NYtjvOqdDzj7NTJK/>



KEENEY, R. L., & RAIFFA, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*. Cambridge University Press

MAÊDA, S. M. N., ET AL. (2021). The SAPEVO-M-NC Method. *Modern Management based on Big Data II and Machine Learning and Intelligent Systems III* (pp. 89–96). IOS Press. Disponível em: <https://ebooks.iospress.nl/pdf/doi/10.3233/FAIA210235>

ROY, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Springer.

SAATY, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83–98, 2008.

SOBRAPO. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. Estatuto da SOBRAPO. Disponível em: <http://www.sobrapo.org.br>. Acesso em: 20 jan. 2020.

VINCKE, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. Wiley.