



Seleção de helicópteros para atendimento *offshore* de um conjunto de plataformas com a utilização do método TOPSIS 2NE

Marcus Vinícius Gonçalves Rodrigues (Universidade Federal Fluminense - UFF)
marcusviniciusrodrigues@id.uff.br

Marcos dos Santos (Instituto Militar de Engenharia - IME)
marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Carlos Francisco Simões Gomes (Universidade Federal Fluminense - UFF)
cfsg1@bol.com.br

Resumo

O transporte *offshore* de pessoas e cargas se dá, basicamente, por dois modais: marítimo (via lanchas e barcos de apoio) e aéreo (via helicópteros). De modo geral, as empresas não se limitam e utilizam ambos modais visto que, dependendo da capacidade de pouso dos helideques das unidades marítimas *offshore*, do tipo de carga, do peso, das dimensões, da urgência da demanda e de diversos outros fatores, um único modal não é capaz de suprir as necessidades dessas organizações. Esse trabalho limita-se ao estudo do transporte de pessoas e cargas via modal aéreo. Analisaremos as relações de preferência entre as 11 alternativas do estudo por meio do método de auxílio multicritério à decisão TOPSIS 2NE. Coletamos dados públicos referentes aos helideques de 24 plataformas de petróleo localizadas em oito campos da bacias de Santos e Campos, comparando-os nos 13 critérios de seleção, todos mutualmente exclusivos entre si: número de assentos, peso máximo de decolagem, peso da aeronave vazia, velocidade de cruzeiro, razão de subida, alcance, resistência máxima, capacidade dos tanques de combustível, comprimento total, preço, capacidade do bagageiro, consumo e número de plataformas atendidas pelas máquinas. Como resultado, a aeronave AW109 teve o melhor desempenho nas duas normalizações do método e as aeronaves S76 e H225 o pior desempenho dentre as alternativas disponíveis. A relevância do trabalho se dá na potencial otimização dos custos logísticos em uma em uma indústria consolidada onde a tal otimização pode se tornar um diferencial competitivo frente aos concorrentes.

Palavras-Chaves: Seleção de Aeronaves; Petróleo e Gás; Offshore; Auxílio Multicritério à Decisão; TOPSIS 2NE.

1. Introdução

Em geral, segundo Dožić (2019), as decisões na indústria de aviação são tomadas sob múltiplos critérios quantitativos e qualitativos, regularmente conflitantes. Além disso, comumente, os processos decisórios nessa indústria estão associados a altos investimentos e altos riscos (se comparados a outras indústrias). Todos esses fatores são potencializados quando inseridos dentro do contexto competitivo do mercado de óleo e gás, onde a busca pela redução dos custos operacionais é constante. A escolha equivocada da frota de aeronaves pode culminar em prejuízos e desvantagens frente aos concorrentes.

Para Buonanno e Mavris (2005), o problema de seleção de aeronaves é dinâmico e, com os adventos tecnológicos e a evolução da sociedade, os critérios estão sujeitos a mudanças de tempos em tempos. Atualmente, por exemplo, o processo de composição da frota não se baseia mais apenas em critérios de desempenho operacional e financeiro. Dožić e Kalić (2014) e Bruno *et al.* (2015) destacaram em seus trabalhos que vários outros fatores devem ser considerados, como os impactos socioambientais dessas máquinas, a avaliação do mercado, o conforto e a segurança. Tal dinamicidade, embora positiva em diversos aspectos, tem tornado esse problema de seleção cada vez mais complexo e subjetivo.

As finalidades conflitantes desse problema de seleção impedem que a decisão seja tomada sem o uso de métodos matemáticos sendo necessário, assim, segundo Gomes *et al.* (2012), a abordagem por meio de métodos de auxílio multicritério à decisão. Outrossim, Miller (1956), comprovado matematicamente por Saaty e Ozdemir (2003), destacou que a capacidade humana na tomada de decisão varia de cinco a nove critérios (sete mais ou menos dois) e que, além disso, é necessário a utilização de alguma ferramenta externa. See *et al.* (2004) vão além ao afirmarem que problemas de decisão, por apresentarem *trade-offs*, sempre deverão ser tratados matematicamente.

O objetivo deste artigo é ranquear, por meio do método TOPSIS 2NE, 11 aeronaves submetidas a avaliação de 13 critérios mutualmente exclusivos entre si. As aeronaves deverão atender 24 plataformas de petróleo localizadas em oito campos das bacias de Santos e Campos: Sapinhoá, Uruguá, Tupi, Sul de Tupi, Polvo, Namorado, Peregrino, Roncador.

2. Referencial Teórico

O método TOPSIS 2NE proposto por Silva *et al.* (2020) consiste na adaptação por meio da dupla normalização na estruturação do método TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*), proposto por Hwang e Yoon (1981), onde é calculada a distância elíptica entre as alternativas ao invés da distância euclidiana. O método pode ser considerado também como uma extensão do TOPSIS 2N, proposto por Souza *et al.* (2018). As distâncias elípticas são calculadas pela fórmula (1):

$$L = \pi a \left(2 - \frac{e^2}{2} - 3 \frac{e^4}{32} - 5 \frac{e^6}{128} \right) \quad (1)$$

Onde,

L = o comprimento da elipse;

a = as soluções ideais positivas e negativas (essa última também conhecida como anti-ideal);

e = a excentricidade elíptica (obtida por $e = c / a$);

c = a possível hipotenusa (obtida por $c^2 = a^2 - b^2$).

As normalizações utilizadas no método encontram-se nas equações (2) (3):

a) Primeira normalização:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x^2_{ij}}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

b) Segunda normalização:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_i} \quad (3)$$

Silva *et al.* (2020) verificaram que, ao comparar os resultados obtidos após a aplicação do TOPSIS 2NE e do TOPSIS 2N sob as mesmas condições, o método TOPSIS 2NE retornou resultados mais agrupados enquanto o método TOPSIS 2N retornou resultados mais dispersos. Os autores atribuíram essa maior uniformidade à utilização das distâncias elípticas.

Para a aplicação do método é possível fazer a modelagem dos dados via *excel* ou via programação em algum *software* (*python*, por exemplo). Também existe uma calculadora *online* disponível na *internet* desenvolvida por Vanni *et al.* (2020).

3. Metodologia

A pesquisa é descritiva e possui abordagem quantitativa mediante a análise matemática de dados coletados publicamente. O desenvolvimento da mesma se deu, em resumo, pelos passos abaixo:

1. Levantamento de artigos com sinergia ao tema de seleção de aeronaves por meio de pesquisa bibliográfica nas bases *Scielo*, *Scopus* e *Web of Science* usando o filtro: *(multicriteria or multiple criteria or MCDA or MCD) and (aviation or helicopter or airplane or aircraft) and (selection or selecting or defining or Ranking)*. Esse levantamento nos retornou 28 artigos;
2. Definição dos critérios a serem utilizados no estudo (nesse passo, foi feita uma comparação entre todos os artigos separados do passo anterior). Foram selecionados 20 critérios;
3. Redefinição dos critérios selecionados no passo anterior (desconsiderando os critérios que possuíam relação entre si). Após a redefinição, restaram 13 critérios;
4. Definição das aeronaves do estudo. Foram escolhidas as aeronaves mais comuns utilizadas pela indústria de óleo e gás no Brasil;
5. Coleta de dados públicos sobre as limitações das plataformas do estudo (comprimento máximo do helicóptero e peso máximo suportado pelo helideques). Nesse passo os dados foram coletados nas seguintes bases: Petrobras, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e Marinha do Brasil;
6. Coleta, em bases públicas de dados, das especificações dos helicópteros do estudo. Nesse passo os dados foram coletados, principalmente, das páginas virtuais dos fabricantes das aeronaves;
7. Cálculo do percentual dos helideques atendidos por cada uma das aeronaves do estudo (baseado nos resultados dos passos 5 e 6);
8. Modelagem do problema de seleção de aeronaves via método TOPSIS 2NE com o auxílio do *excel*;
9. Ranqueamento das alternativas do estudo.

4. Dados do Problema

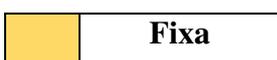
Na Tabela 1 abaixo encontram-se as plataformas do estudo. No total são 24 plataformas: fixa, semissubmersível e FPSO (sigla em inglês de “*Floating, Production, Storage and Offloading*”).

Tabela 1 – Plataformas do estudo

Bacia	Campo	Plataforma
Santos	Sapinhoá	Cidade de São Paulo Cidade de Ilha Bela
	Uruguá	Cidade de Santos
	Tupi	Cidade de Angra dos Reis Cidade de Itaguaí Cidade de Mangaratiba Cidade de Maricá Cidade de Paraty Cidade de Saquarema P-66 P-67
	Sul de Tupi	P-69
Campos	Polvo	Polvo
		Polvo A
	Namorado	Namorado 1
		Namorado 2
	Peregrino	Peregrino
		Peregrino A
		Peregrino B Peregrino C
Roncador		P-52
		P-54
		P-55
		P-62

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Legenda das plataformas:



Na Tabela 2 estão descritos os critérios de avaliação, já refinados, a serem considerados nesse estudo, juntamente com o objetivo (maximizar ou minimizar) e a respectiva unidade de medida de cada um.

Tabela 2 – Critérios de Avaliação

Índice	Objetivo	Critérios	Unidade de Medida
A	Maximizar	Número de Assentos	Número absoluto (adimensional)
B	Maximizar	Peso máximo de decolagem	Quilograma
C	Minimizar	Peso da aeronave vazia	Quilograma
D	Maximizar	Velocidade de cruzeiro	Quilômetro por hora
E	Maximizar	Razão de Subida	Metro por segundo
F	Maximizar	Alcance	Quilômetro
G	Maximizar	Resistência máxima	Minutos
H	Maximizar	Capacidade dos tanques de combustível	Litros
I	Minimizar	Comprimento total	Metros
J	Minimizar	Preço	Milhões de Dólares Americanos
K	Maximizar	Capacidade do bagageiro	Metro cúbico
L	Minimizar	Consumo	Quilograma por hora
M	Maximizar	Número de plataformas atendidas	Porcentagem (adimensional)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Na Tabela 3, encontram-se as aeronaves que serão avaliadas.

Tabela 3 – Aeronaves do estudo

Modelos	Fabricante
AW109	AugustaWestland (Leonardo)
AW139	
AW189	
S76	Sikorsky
S92	
H135	Airbus Helicopters
H145	
H160	
H175	
H215	
H225	

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A Tabela 4, matriz de decisão do problema, ilustra a avaliação dos helicópteros da Tabela 3 com base nos critérios descritos na Tabela 2.

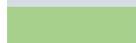
Tabela 4 – Matriz de Decisão

Critérios	Helicópteros										
	AW109	AW139	AW189	S76	S92	H135	H145	H160	H175	H215	H225
A	8	17	21	14	21	8	12	14	20	22	21
B	3000	6800	8300	5386	12837	3100	3800	6050	10500	9350	11200
C	1590	3622	4675	3691	7070	1455	1920	4240	4650	4511	5594
D	285	305	269	269	280	254	238	255	267	252	262
E	9,8	10,9	9,9	6,86	8,13	7,62	8,13	8,9	7,9	8,22	8,67
F	948	1250	907	818	999	633	647	880	1083	866	841
G	291	356	280	150	222	216	211	270	345	265	245
H	605	1568	2063	1075	2877	708	882,14	1366,52	2521,96	1968,03	2493,90
I	13,04	16,62	17,6	15,98	20,88	12,26	13,54	15,7	18,06	18,7	19,5
J	6,3	12	15	13	27	5,7	9,7	14	17	18	28
K	0,95	3	2,4	1,08	3,96	1,1	1,32	2,5	2,32	3,1	3,1
L	205	661	683	570	833	204,5	240	395	500	530	814
M	1,00	0,92	0,79	1,00	0,75	1,00	1,00	0,92	0,79	0,79	0,79

Fonte: Adaptado pelos autores (2021)

Foram consultadas diversas fontes para a elaboração da Tabela 4. O detalhamento das mesmas encontra-se na legenda abaixo:

Legenda:

	Webcopters (2021)
	Easa Europa (2021)
	Aircraft Compare (2021)
	Global Air (2021)
	Airbus (2021)
	Business Jet Traveler (2021)
	Marinha do Brasil (2021)

Como podemos notar, é possível elencar as melhores e piores aeronaves analisando os critérios individualmente (o helicóptero H215 possui a melhor performance no critério A – número de assentos - enquanto os helicópteros AW109 e H135 possuem a pior performance nesse mesmo critério. Já o helicóptero H135 tem a melhor performance no critério J – preço –

enquanto o helicóptero H225 apresenta a pior performance nesse mesmo critério). Contudo, ao olharmos o problema como um todo, tal análise deixa de ser crucial e passa a ser complexa, dependendo da associação e da análise múltiplos critérios.

Vale destacar que nem todos os critérios devem possuir o mesmo grau de importância, obrigatoriamente. O método TOPSIS 2NE permite que o decisor associe um peso aos critérios, estabelecendo uma relação de relevância entre os mesmos, e tornando a análise mais real. Para o problema tratado nesse artigo, definimos os pesos conforme a Tabela 5. É importante destacar que o método prevê que o somatório dos pesos dos critérios resulte em 100%.

Tabela 5 – Pesos dos Critérios de Avaliação

Índice	Objetivo	Peso (%)
A	Maximizar	10
B	Maximizar	10
C	Minimizar	5
D	Maximizar	5
E	Maximizar	5
F	Maximizar	7,5
G	Maximizar	5
H	Maximizar	5
I	Minimizar	7,5
J	Minimizar	10
K	Maximizar	10
L	Minimizar	10
M	Maximizar	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Em um estudo de caso real, a atribuição dos pesos estaria diretamente relacionada ao objetivo e ao posicionamento estratégico da empresa em questão. Algumas empresas poderiam considerar o preço como o critério mais importante outras poderiam considerar o preço tão importante quanto o consumo da aeronave outras, interessadas em maximizar a quantidade de passageiros transportada, poderiam considerar os dois irrelevantes se comparados a quantidade de assentos dos helicópteros.

A definição dos pesos dos critérios constitui um passo importante do método e deve estar alinhada aos interesses das organizações. Vale ressaltar que, independentemente do peso, todos os critérios estabelecidos pelo tomador de decisão serão considerados pelo método e terão um impacto no resultado. Obviamente, os critérios com ponderações maiores terão impactos maiores se comparados aos critérios com ponderações menores.

5. Análise dos Resultados

O ranqueamento das alternativas (que encontra-se na Tabela 7) após a modelagem do problema, com os dados do capítulo anterior, no *excel* respeitando as diretrizes e definições do método TOPSIS 2NE. As pontuações das alternativas estão ilustradas na Tabela 6.

Tabela 6 – Pontuação das Alternativas (TOPSIS 2NE)

Alternativa	1ª Normalização		2ª Normalização	
	ξ Média Ideal	ξ Soma Ideal	ξ Média Ideal	ξ Soma Ideal
AW109	0,840519035	0,159480965	0,840519035	0,159480965
AW139	0,831858589	0,168141411	0,831858589	0,168141411
AW189	0,830982608	0,169017392	0,830982608	0,169017392
S76	0,830499965	0,169500035	0,830499965	0,169500035
S92	0,830646084	0,169353916	0,830646084	0,169353916
H135	0,840031416	0,159968584	0,840031416	0,159968584
H145	0,837140426	0,162859574	0,837140426	0,162859574
H160	0,834083425	0,165916575	0,834083425	0,165916575
H175	0,833574734	0,166425266	0,833574734	0,166425266
H215	0,833105987	0,166894013	0,833105987	0,166894013
H225	0,830356291	0,169643709	0,830356291	0,169643709

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Tabela 7 – Resultados Obtidos (TOPSIS 2NE)

Posição	1ª Normalização		2ª Normalização	
	ξ Média Ideal	ξ Soma Ideal	ξ Média Ideal	ξ Soma Ideal
1º	AW109	AW109	AW109	AW109
2º	H135	H135	H135	H135
3º	H145	H145	H145	H145

4°	H160	H160	H160	H160
5°	H175	H175	H175	H175
6°	H215	H215	H215	H215
7°	S92	S92	AW139	AW139
8°	H225	H225	AW189	AW189
9°	AW139	AW139	S92	S92
10°	AW189	AW189	S76	S76
11°	S76	S76	H225	H225

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Dentro das normalizações não houve variação nas posições das alternativas (a ordenação foi a mesma tanto na média ideal quanto na soma ideal). Comparando as duas normalizações, não houve variação na classificação das seis primeiras alternativas. No entanto, é possível notar pequenas mudanças nas posições finais (analisando os coeficientes apresentados na Tabela 6 é possível afirmar que tais mudanças advêm da proximidade entre as alternativas finais).

O helicóptero AW109 foi o que apresentou o melhor desempenho, considerando as ponderações de todos os critérios. Observando as frotas de aeronaves que atendem os voos *offshore* das empresas produtoras de petróleo e gás no Brasil é possível notar que, na maioria dos casos, essas frotas são heterogêneas, ou seja, são compostas por mais de um modelo de helicópteros. Nesse caso, o resultado exposto na Tabela 7 poderia servir como base para a composição dessa frota.

É importante destacar que o principal objetivo do método é fornecer ao tomador de decisão um parâmetro fundamentado para a análise do problema.

6. Conclusão

A indústria de petróleo e gás vem se mostrando bastante consolidada nos últimos anos, o que corrobora para uma cobrança em torno da excelência operacional dos principais *players*. É uma indústria muito afetada também por fatores externos às empresas, como questões políticas, por exemplo. Devido a isso, diante de um mercado cada vez mais competitivo e acirrado, a redução de custos é buscada a toda forma, como um diferencial competitivo frente aos concorrentes.

Ao longo dessa pesquisa conseguimos atingir nosso objetivo inicial de ordenar helicópteros, para operarem voos *offshore*, por meio do método TOPSIS 2NE. Fizemos a ordenação de 11 aeronaves considerando a performance das mesmas em 13 critérios independentes entre si e considerando também as especificações dos helideques de 24 plataformas. A aeronave AW109 teve o melhor desempenho nas duas normalizações do método e as aeronaves S76 e H225 o pior desempenho dentre as alternativas disponíveis.

A metodologia utilizada nesse trabalho pode ser replicada em outros cenários, para outras indústrias, utilizando diferentes bases de dados. Em contextos reais, é interessante utilizar mais de um método de forma a confrontar os resultados encontrados em cada um e, se possível, fazer uma análise de sensibilidade.

7. Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense pela oportunidade da pesquisa.

REFERÊNCIAS

Airbus (2021). Disponível em: <https://www.airbus.com/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Aircraft Compare (2021). Disponível em: <https://www.aircraftcompare.com/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

BRUNO, Giuseppe; ESPOSITO, Emilio; GENOVESE, Andrea (2015). **A model for aircraft evaluation to support strategic decisions**. Expert Systems with Applications, [S.L.], v. 42, n. 13, p. 5580-5590. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.054>.

BUONANNO, Michael; MAVRIS, Dimitri (2005). **A new method for aircraft concept selection using multicriteria interactive genetic algorithms**. In: 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. p. 1020-1031.

Business Jet Traveler (2021). Disponível em: <https://www.bjtonline.com/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

DOŽIĆ, Slavica (2019). **Multi-criteria decision making methods: application in the aviation industry**. Journal of Air Transport Management, [S.L.], v. 79. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.101683>.

DOŽIĆ, Slavica; KALIĆ, Milica (2014). **An AHP Approach to Aircraft Selection Process**. *Transportation Research Procedia*, [S.L.], v. 3, p. 165-174. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.102>.

EASA Europa (2021). Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Global Air (2021). Disponível em: <https://www.globalair.com/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; FERNANDES, Joao Erick de Mattos; MELLO, João Carlos C. B. Soares de (2012). **A fuzzy stochastic approach to the multicriteria selection of an aircraft for regional chartering**. *Journal of Advanced Transportation*, [S.L.], v. 48, n. 3, p. 223-237. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/atr.206>.

Marinha do Brasil (2021). Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MILLER, George A. (1956). **The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information**. *Psychological Review*, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 81-97. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/h0043158>.

SAATY, T.L.; OZDEMIR, M.s. (2003). **Why the magic number seven plus or minus two?** *Mathematical and Computer Modelling*, [S.L.], v. 38, n. 3-4, p. 233-244. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0895-7177\(03\)90083-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0895-7177(03)90083-5).

SEE, Tung-King; GURNANI, Ashwin; LEWIS, Kemper (2004). **Multi-Attribute Decision Making Using Hypothetical Equivalents and Inequivalents**. *Journal of Mechanical Design*, [S.L.], v. 126, n. 6, p. 950-958. ASME International. <http://dx.doi.org/10.1115/1.1814389>.

SILVA, Marcela do Carmo; GOMES, Carlos Francisco Simões; SOUZA, Reinaldo Castro. **TOPSIS-2NE's Proposal**. *International Journal Of Fuzzy Systems*, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 1118-1122, 7 maio 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40815-020-00871-4>.

SOUZA, Leandro Peçanha de; GOMES, Carlos Francisco Simões; BARROS, Alexandre Pinheiro de. **Implementation of New Hybrid AHP–TOPSIS-2N Method in Sorting and Prioritizing of an it CAPEX Project Portfolio**. *International Journal Of Information Technology & Decision Making*, [S.L.], v. 17, n. 04, p. 977-1005, jul. 2018. World Scientific Pub Co Pte Lt. <http://dx.doi.org/10.1142/s0219622018500207>.

VANNI, Vanildo Alexandre Meirelles; SANTOS, Marcos dos; GOMES, Carlos Francisco Simões. **TOPSIS-2NE software** (v.1), 2020.

WEBCOPTERS (2021). Disponível em: <http://www.webcopters.com/v3/helicopters-search.php>. Acesso em: 15 jan. 2021.