



AHP GAUSSIANO – UMA ABORDAGEM PRÁTICA NA SELEÇÃO DE VANT’S PARA AEROFOGRAMETRIA E INSPEÇÃO RODOVIÁRIA

Danillo Marcus Farias Marinho do Monte (UFCG) danilodomonte@gmail.com
Daniel Augusto Pereira de Moura (UFCG) daniel.moura@ufcg.edu.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo a seleção de um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), em uma empresa de engenharia do estado de São Paulo, que será utilizado em levantamentos aerofotogramétricos e inspeções rodoviárias, bem como os seus elementos complementares que se caracterizam resumidamente em elementos drenagem, faixa de domínio e possíveis patologias existentes na camada de rolamento. Além disso, o equipamento também será utilizado para levantamentos topográficos e cadastramentos rodoviários. Para tanto, em virtude da gama de opções fornecidas pelos fabricantes, foi utilizado o método de apoio a tomada de decisão AHP Gaussiano para seleção do equipamento mais adequado a ser adquirido.

Palavras-Chaves: AHP, AHP-GAUSSIANO, VANT

1.INTRODUÇÃO

Em diversos cenários, toda e que qualquer pessoa ou organização, passa diariamente por situações as quais necessitam que sejam tomadas decisões de diversos graus, de alta importância ou de pequena importância. A alta competitividade exigido no meio empresarial faz com que as organizações procurem cada vez mais estratégias, pontos e ferramentas que a coloquem na frente das suas concorrentes. Os consumidores, de diversos setores do mercado, tem buscado cada vez mais empresas de bens ou de serviços que ofereçam produtos personalizáveis ou de alto grau de qualidade.

Sendo estes fatores de alta importancia para as organizações há uma necessidade de renovação constante dos seus métodos, equipamentos e recursos humanos. No entanto, nem todas as organizações tomam suas decisões baseadas em um modelo matemático que lhe ofereça respaldo e segurança. Isso acaba culminando em decisões não acertivas que podem acarretar grandes prejuizos economicos as organizações.

Diante da necessidade da compra de novos equipamentos para confecção de novos produtos e para suprir uma demanda interna em uma empresa localizada no interior do estado de São Paulo/SP, foi proposto o uso de uma ferramenta de apoio a tomada de decisão afim de selecionar um VANT (Veículo Aéreo não Tripulado) de alta capacidade técnica para a execução de levantamentos topográficos, mapeamento de superfícies, levantamento rodoviário, bem como análises patológicas da camada de rolamento dos pavimentos rodoviários rígidos ou flexível e elementos oriundo de uma rodovia como sinalização, faixa de domínio e os elementos de drenagem.

Existem vários tipos de VANT no mercado, mas poucos apresentam capacidade e configuração adequada para suprir a necessidade apresentada em questão. A escolha de um equipamento desse porte, não parte apenas do viés econômico, uma vez que o modelo pode não atender, em suma, todos os requisitos necessários para confecção de um excelente produto final. Nem também, seria o modelo mais caro o mais adequado. Sendo assim, a escolha do equipamento se mostra complexa levando em consideração o alto custo dos equipamentos envolvidos e a necessidade de um equipamento tecnicamente adequado para as necessidades em questão.

Afim de reduzir a subjetividade, o processo de seleção do VANT, foi submetido a aplicação de uma ferramenta de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), com o intuito de auxiliar o grupo de decisores a realizarem a sugestão dos melhores modelos baseados em critérios exclusivamente técnicos.

Portanto, o objetivo deste trabalho é selecionar o VANT mais adequado, com auxílio do AHP-Gaussiano, para uma empresa prestadora de serviços de construção civil e rodoviária.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MÉTODO AHP CLÁSSICO

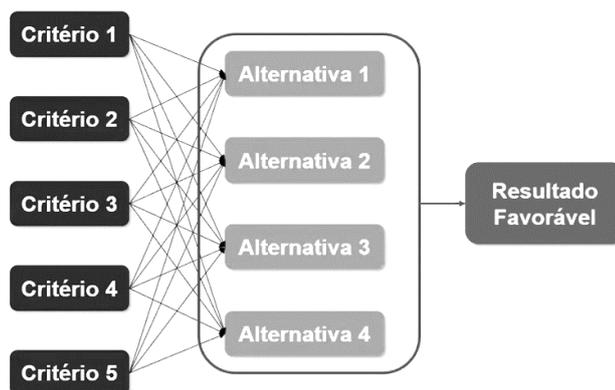
Koloseni *et al.* (2020) descrevem que o método AHP, proposto pelo professor Thomas Saaty (1980), tem diversas aplicabilidades, entre elas estão: estudo de destinação de recursos, processo de escolha de fornecedores, decisões gerenciais estratégicas entre outras áreas.

Calabrese *et al.* (2019) define que o Método AHP, possui quatro eixos elementares em sua estrutura (figura 1):

- i. Critérios e alternativas (número finito de alternativas, comparado em função de um número finito de critérios); Santos (2021) entende que, existe uma limitação no número de critérios (15).

- ii. Comparação paritária (um critério pode ser preferível ou indiferente a outro critério);
- iii. Escala Fundamental – Escala de Saaty (cada elemento é medido conforme prioridade sobre outros elementos, baseados numa escala numérica);
- iv. Hierarquia (fundamento básico do método. Os critérios são ordenados em níveis hierárquicos).

Figura 1: Estrutura analítica multicritério



Fonte: Moreira (2021)

Missaglia *et al.* (2020) ressaltam que, é fundamental entender a real situação ou o real problema e, apenas após esse alinhamento seja modelada matematicamente tal situação. Agora, para isso passa por fazer uma análise detalhada processo/cenário em questão e extrair as possíveis variáveis/critérios. Sem que haja entendimento desse princípio elementar, é impossível atribuir os fatores, critérios e os respectivos pesos desse sistema.

Gomes *et al.* (2020) afirmam que a tomada de decisão baseada em análises estruturadas hierarquicamente, demonstram coerência a cada etapa de validação, em seus critérios e níveis, que ao final apontam para alternativa adequada à situação, a depender do objetivo.

Afim de aplicar os conceitos em análise multicritério, é necessário respeitar algumas etapas:

- i. Identificar decisores;
- ii. Definir os critérios;
- iii. Definir as alternativas;
- iv. Avaliar as alternativas em relação aos critérios;
- v. Definir a importância relativa dos critérios.

Marins *et al.* (2009) afirmam que tal método, considera as possíveis incertezas presentes nos problemas por meio de uma mensuração de valor (tabela 1), baseado na seguinte estrutura: julgamento, comparação cruzada, escala e hierarquia.

Tabela 1: Escala fundamental de Saaty (1980)

Escala Fundamental de Saaty (1980)		
Escala numérica	Escala conceitual	Descrição
1	<i>Igual</i>	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo
3	<i>Moderada</i>	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro
5	<i>Forte</i>	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro
7	<i>Muito forte</i>	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática
9	<i>Absoluta</i>	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível a seu favor
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos, utilizados quando o decisor sentir dificuldade ao escolher entre dois graus de importância adjacentes.	

Fonte: Adaptado Gomes *et al.* (2004)

Para Costa *et al.* (2021), alguns métodos já são reconhecidos pela Academia e, dependendo do grau de complexidade e da composição do problema, pode-se avaliar a aplicabilidade de outros métodos. O que deverá se manter, independente de qual seja o método atribuído, é o propósito inicial da resolução do caso em questão. Logo, encontrar uma forma (modelo matemático) em que o erro seja minimizado, garantirá ao decisor a efetiva decisão e julgamento.

O AHP é um método para auxiliar às pessoas na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar qual a decisão correta, o AHP ajuda essas pessoas a escolher e, ainda justificar tal escolha. SANTOS (2016).

A axiomática do Método AHP, proposto por Thomas Saaty, está dividido em etapas, a saber:

Etapa 1: Formação da matriz de decisão

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{32} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nx} \end{bmatrix}$$

Etapa 2: Cálculo do autovetor

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n w_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Etapa 3: Cálculo da normalização dos autovetores

$$T = \frac{w1}{\sum wi} ; \frac{w2}{\sum wi} ; \frac{w3}{\sum wi}$$

Etapa 4: Índice que relaciona os critérios da matriz de consistência

$$\lambda_{m\acute{a}x} = T * W$$

Etapa 5: índice de consistência (IC)

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{(n - 1)}$$

Etapa 6: Razão de consistência (RC). Para cálculo, considerar o índice randômico (tabela 2).

$$RC = \frac{IC}{CA}$$

Tabela 2: Índice de randômico para n (CA)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Adaptado Gomes *et al.* (2004)

2.2 MÉTODO AHP-GAUSSIANO

Gomes *et al.* (2004) aponta para existência de versões do AHP clássico, sendo eles: o Método AHP Multiplicativo (Lootsma, 1990), o Método AHP Referenciado (Watson e Freeling, 1982) e o Método AHP B-G (Belton e Gear, 1985). Neste mesmo entendimento, surge o Método AHP-Gaussiano (Santos, Costa e Gomes, 2021), que aumenta essa relação dos Métodos de Análise Multicritério de (AMD).

Para Santos *et al.* (2021), o Método AHP-Gaussiano, apresenta uma nova perspectiva que é baseada em análise da sensibilidade que é gerado em função do **fator gaussiano**. Com isso, consegue-se gerar pesos dos critérios mediante às entradas quantitativas, das alternativas de cada critério observado. A estrutura algébrica proposta, segue o mesmo princípio lógico do Método AHP Clássico, proposto por Saaty (1980). O diferencial deste método está na inserção dos conceitos de média e de desvio padrão. Outro aspecto que difere do método clássico é que não se aplica o conceito da escala fundamental de Saaty.

Moreira (2021) entende que o AHP-Gaussiano, apresenta características de métodos compensatórios, de maneira que os atributos, inseridos na matriz de decisão, são independentes e, os atributos qualitativos são transformados numa base numérica. Ressalta-se

que, a viabilidade do modelo apenas será satisfeita em que as alternativas possuam entradas cardinais em seus critérios.

Logo, as etapas para aplicação do Método AHP – Gaussiano são:

1. Determinar a matriz de decisão (definir se os critérios são: monotônico de benefício ou de custo);
2. Calcular a média das alternativas em cada critério;
3. Calcular o desvio padrão dos critérios, com base nas amostras das alternativas;
4. Calcular o fator gaussiano para cada critério (em seguida normalizar a matriz);
5. Ponderação da matriz de decisão (o produto entre cada critério e o fator normalizado);
6. Normalização dos resultados;
7. Obtenção do *ranking*.

Conforme os itens 2, 3 e 4, nas etapas do método, deve-se considerar as equações a seguir:

- i. Média aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- ii. Desvio padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- iii. Fator gaussiano

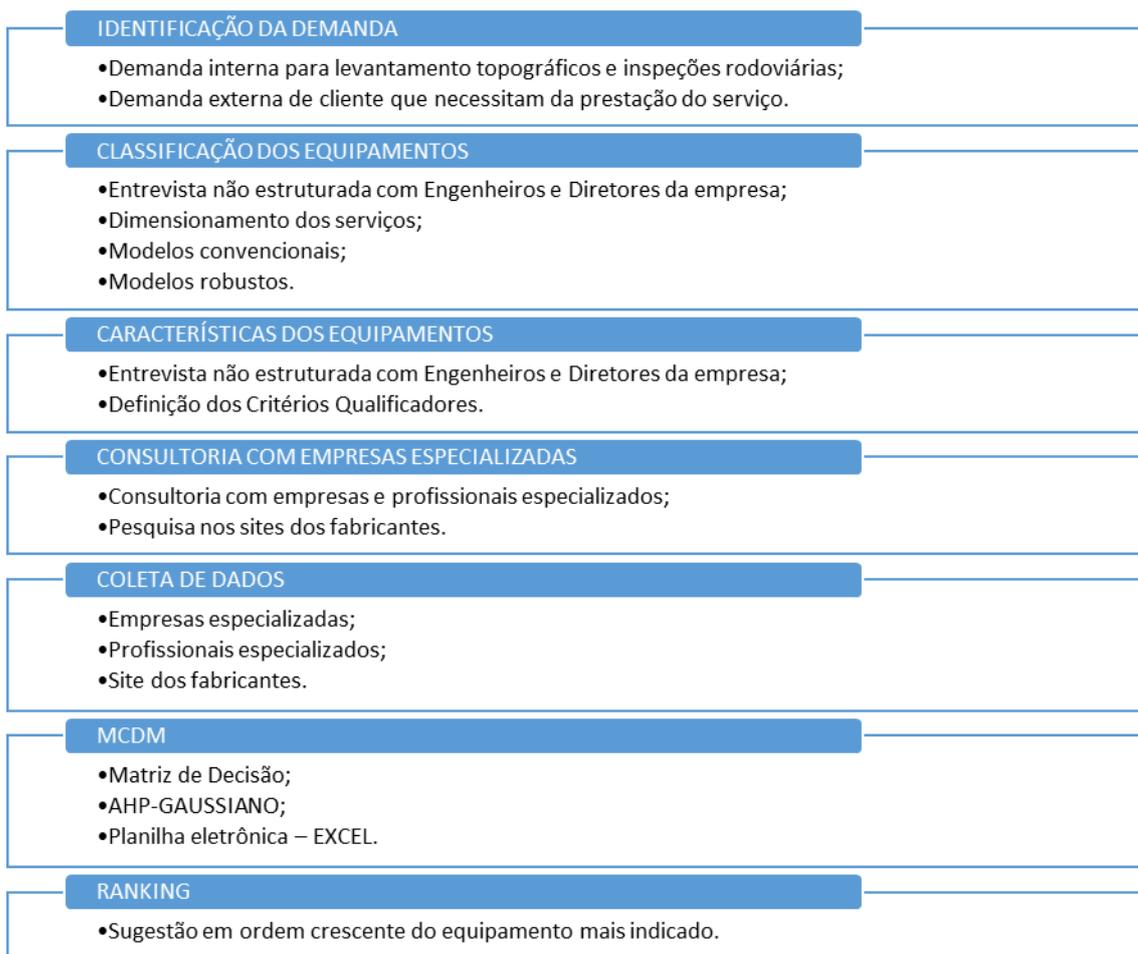
$$f_{gaussiano} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Neste método o papel do decisor será elencar os critérios e as alternativas, não sendo necessário a etapa de pontuar, baseado na escala fundamental de Saaty. Isso torna o método mais robusto, pois minimiza situações tendenciosas no processo decisório, caso existam.

3. METODOLOGIA

O artigo em tela trata-se de um trabalho exploratório e quantitativo. O sumário metodológico da pesquisa pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2: Sumário da metodologia utilizada



Fonte: Autores (2021)

A primeira etapa da metodologia surgiu de uma demanda interna e externa da empresa. Nesta situação, a necessidade da evolução nos serviços executados pela empresa e a identificação da carência da prestação deste tipo de serviço no mercado, constatado pelo setor de engenharia, elucidou a diretoria a importância destes serviços. Neste sentido, surge a necessidade, mediante demanda e para fins aquisitivos, de saber qual equipamento atenderá majoritariamente os requisitos necessários.

Na segunda etapa, realizou-se uma entrevista não estruturada com o Setor de Engenharia e a Diretoria da organização em estudo e foi realizado um dimensionamento prévio a ser coberto pelos VANT'S a serem selecionados o que por sua vez foi de suma importância para definição das características dos equipamentos bipartidos em modelos: convencionais e robustos. Os modelos convencionais são denominados aqueles que são oriundos de modelos pré-existentes que, ao decorrer do tempo, foi tendo suas versões aprimoradas com equipamentos tecnológicos embarcados em sua estrutura.

Figura 3: VANTS convencionais com sistemas embarcados



Fonte: Fabricantes (2021)

Já os modelos robustos são aqueles que apresentam configurações e características nativas das suas configurações e do seu sistema. Ou seja, são equipamentos que na sua essência já possuem características que se sobressaem aos demais. Portanto, um equipamento que oferecer maior capacidade operativa.

Figura 4: VANTS robustos com sistemas nativos



Fonte: Fabricantes (2021)

A terceira etapa contempla a definição das características dos equipamentos destacados acima, ou seja, os critérios qualificadores. Devido à grande variabilidade do mercado, fez necessário uma pré-seleção dos equipamentos o mínimo do exigido para o que é proposto. Os critérios qualificadores (mínimos) foram: autonomia (30 min), alcance (mínimo 6 km) e garantia (mínimo 12 meses).

Sendo assim, 6 modelos foram contemplados, 3 modelos do convencional e 3 modelos do robusto, todos eles com a característica multirotores.

A quarta e quinta etapa se resumem a uma consultoria especializada de cunho comprobatório afim de validar as seleções feitas na etapa anterior. A posteriori, foram realizadas coletas de dados, também de cunho comprobatório, das informações técnicas fornecidas pelos consultores supracitados.

A sexta etapa de metodologia se iniciou com a configuração da matriz de decisão baseada mediante informações coletadas com o setor de engenharia e com a consultoria especializada nas etapas anteriores. Baseado nas *Hard Skills* dos engenheiros envolvidos e das empresas de consultoria os critérios elencados foram: autonomia, alcance, garantia, peso, grau de atendimento, grau de dificuldade, câmera, baterias adicionais, acessórios, licença de software, workstation, drone e custo total.

Subsequente a etapa anterior, foi formulada em planilha eletrônica, a matriz de decisão com os seus critérios e alternativas, bem como as funções necessárias para os cálculos de normalização da matriz e as etapas consequentes do método abordado neste artigo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a modelagem do AHP-Gaussiano, foram considerados 6 alternativas, sendo 3 do tipo convencional e 3 do tipo robusto, dos VANTS. Concomitante ao processo anteriormente citado, foram considerados 13 critérios classificados em critérios monotônicos de custo ou de benefício.

A Figura 5 ilustra a base de dados para a modelagem do método AHP-Gaussiano.

Figura 5: Matriz de decisão AHP-Gaussiano

AHP - GAUSSIANO - CENÁRIO 01

TIPO	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
ALTERNATIVA / CRITÉRIO	Autonomia (min)	Alcance (km)	Garantia (mês)	Peso (g)	Grau de Atendimento / Escala Saaty	Grau de Dificuldade / Escala Saaty	Câmera (R\$)	Bateria (R\$)	Acessórios (R\$)	Licença Software (R\$)	WORKSTATION (R\$)	Drone(R\$)	TOTAL (R\$)
Phanton 4 RTK	30	7	12	1391	2	3	0,00	4.380,00	0,00	25.990,00	19.909,73	74.990,00	125.269,73
Phanton 4 PRO PPK	30	7	12	1391	2	3	0,00	4.380,00	0,00	25.990,00	19.909,73	49.990,00	100.269,73
MAVIC 2 PRO PPK	28	18	12	1000	3	3	0,00	0,00	4.290,00	25.990,00	19.909,73	44.990,00	95.179,73
Matrice 210 RTK	33	8	12	4910	5	5	64.990,00	9.860,00	0,00	28.500,00	19.909,73	117.602,00	240.861,73
Matrice 300 RTK	55	15	12	2700	7	5	64.990,00	8.690,00	0,00	28.500,00	19.909,73	151.194,00	273.283,73
Spectral 2 PPK	60	6	12	3000	5	7	21.900,00	15.900,00	4.500,00	28.500,00	19.909,73	69.800,00	160.509,73

Fonte: Autores (2022)

Para os critérios monotônicos de custo, quanto menor for o seu valor, melhor. Nesse sentido, os critérios que foram classificados como monotônicos de custo são: Peso, Grau de

dificuldade, Câmera, Bateria, Acessórios, Licença software, Workstation, Drone, Total. Portanto, estes são os critérios de minimização. Controverso ao critério monotônico de custo, para o critério monotônico de benefício, quanto maior ele for, melhor. Sendo assim, os critérios monotônicos de benefícios são: Autonomia, Alcance, Garantia, e Grau de atendimento. Logo, devem ser maximizados.

A Figura 6 mostra o *output* do modelo AHP-Gaussiano. Dela é possível verificar os critérios, já com suas normalizações, as medidas de variabilidade, Fator Gaussiano do grupo amostral e o Rank de ordenamento das alternativas. Pode-se perceber que a melhor alternativa é o modelo Phantom 4 PRO PPK, seguido do Mavic PRO PPK, Phantom 4 RTK, Matrice 300 RTK, Matrice 210 RTK e, por último, Spectral 2.

Figura 6: Matriz de decisão normalizada e o resultado do AHP-Gaussiano

Matriz Normalizada	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	AHP-G	RANK
Phantom 4 RTK	0,127	0,115	0,167	0,215	0,050	0,216	0,333	0,229	0,250	0,174	0,167	0,157	0,190	0,200	3
Phantom 4 PRO PPK	0,127	0,115	0,167	0,215	0,050	0,216	0,333	0,229	0,250	0,174	0,167	0,235	0,237	0,209	1
MAVIC 2 PRO PPK	0,119	0,295	0,167	0,299	0,050	0,216	0,333	0,263	0,000	0,174	0,167	0,261	0,240	0,204	2
Matrice 210 RTK	0,140	0,131	0,167	0,061	0,250	0,130	0,000	0,102	0,250	0,159	0,167	0,100	0,099	0,126	5
Matrice 300	0,233	0,246	0,167	0,111	0,350	0,130	0,000	0,115	0,250	0,159	0,167	0,078	0,087	0,158	4
Spectral 2	0,254	0,098	0,167	0,100	0,250	0,093	0,000	0,063	0,000	0,159	0,167	0,169	0,148	0,103	6

Fonte: Autores (2021)

Após a modelagem fica claro que: a melhor alternativa de compra do VANT é o modelo Phantom 4 PRO RTK. Por outro lado, a pior alternativa de compra é o modelo Spectral 2 PPK. E, assim sendo, inicialmente, o decisor já sabe a decisão a ser tomada (a alternativa viável e a alternativa que não se deve ser selecionada).

No entanto, a disparidade entre o *ranking* de primeiro, segundo e terceiro colocados, apresentados pelo método, abre precedente, caso o decisor não aceite a opção de melhor compra, seja por *n* fatores, de fazer uma destilação do modelo, ou seja, retirar o que é de consenso, neste caso a melhor alternativa (Phantom 4 PRO RTK) e a pior alternativa (Spectral 2) e realizar nova modelagem com os modelos restantes. A Figura 8 mostra a nova modelagem após o processo de destilação.

Figura 7: Modelagem AHP-Gaussiano pós-processo de destilação

Matriz Normalizada	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	AHP-G	RANK
Phantom 4 RTK	0,205	0,146	0,250	0,314	0,071	0,313	0,500	0,322	0,333	0,262	0,250	0,263	0,308	0,293	2
MAVIC 2 PRO PPK	0,192	0,375	0,250	0,436	0,071	0,313	0,500	0,372	0,000	0,262	0,250	0,439	0,390	0,312	1
Matrice 210 RTK	0,226	0,167	0,250	0,089	0,357	0,188	0,000	0,143	0,333	0,238	0,250	0,168	0,160	0,175	4
Matrice 300 RTK	0,377	0,313	0,250	0,162	0,500	0,188	0,000	0,163	0,333	0,238	0,250	0,131	0,141	0,220	3

Fonte: Autores (2022)

Da Figura 7, pode-se inferir que após o processo de destilação, a melhor opção passar a ser o VANT Mavic Pro PPK.

Os resultados corroboram com o que já foi citado anteriormente neste estudo de caso. Nem sempre o equipamento mais caro será eleito o melhor, nem o mais barato o pior. Dos critérios em julgamento, 4 foram decisivos para que os equipamentos denominados convencionais fossem os ganhadores. Estes critérios foram: câmera, acessórios, drone e total.

Em continuação ao estudo, foram retiradas da matriz de decisão as alternativas dos equipamentos convencionais em virtude de eles apresentarem no critério “Grau de Atendimento”, um índice pouco satisfatório na escala proposta. Isso porque esse tipo de equipamento apresenta uma alta variabilidade de autonomia quando não está em condições ideais de voo podendo, desta forma, comprometer a eficácia e eficiência do que se propõem a ser realizado com os equipamentos em avaliação e enviesando o resultado entregue pelo método objeto desse estudo.

Sendo assim, uma nova matriz de decisão foi confeccionada e os resultados podem ser vistos na Figura 8.

Figura 6: Matriz de decisão normalizada e o resultado do AHP-Gaussiano

Matriz Normalizada													AHP-G	RANK	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13		
Matrice 210 RTK	0,223	0,276	0,333	0,224	0,294	0,368	0,201	0,363	0,500	0,333	0,333	0,289	0,296	0,318	2
Matrice 300 RTK	0,372	0,517	0,333	0,408	0,412	0,368	0,201	0,412	0,500	0,333	0,333	0,225	0,261	0,372	1
Spectral 2	0,405	0,207	0,333	0,367	0,294	0,263	0,597	0,225	0,000	0,333	0,333	0,487	0,444	0,309	3

Fonte: Autores (2022)

Neste segundo cenário o equipamento eleito foi o Matrice 300 RTK. Dessa forma, o método apresenta real consistência e entregou um resultado satisfatório elegendo o equipamento que apresenta melhores características técnicas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou a seleção de VANTS, a partir da utilização do método multicritério AHP-Gaussiano, em uma empresa de engenharia. Após análises de demanda, foram selecionados 6 equipamentos que possivelmente poderiam atender os requisitos exigidos para atendimento da demanda. Sendo assim, as 6 pré-selecionadas foram submetidas a um processo de modelagem matemática de apoio a tomada de decisão, modelo este denominado AHP-Gaussiano. O resultado do método aplicado mostrou, em um primeiro cenário, que o modelo eleito como melhor opção poderia não atender, em suma, as exigências que o

problema exige. Sendo assim, a matriz de decisão passou por um processo de destilação e posteriormente por um processo de seleção mais rigoroso.

Os processos citados anteriormente foram necessários tendo em vista que o método convencional não foi suficiente para que se houvesse uma tomada de decisão assertiva. Tal insatisfação se deu devido ao primeiro colocado não atender, de forma satisfatória, o critério de “grau de atendimento” que versa pelo atendimento técnico oferecido pelo equipamento.

Partindo do pressuposto citado anteriormente, a matriz de decisão foi remodelada para que atendesse, em um grau mais satisfatório, os requisitos mínimos exigidos para confecção de um produto satisfatório.

De toda forma, o método utilizado neste trabalho demonstrou que nem sempre o modelo mais caro pode ser o melhor, nem o modelo mais barato o mais alternativo.

O resultado deste trabalho, ressalta a importância da utilização de Métodos Multicritérios robustos para tomada de decisão dentro da área das Engenharias para que decisões não sejam tomadas de forma subjetiva.

6. REFERÊNCIAS

Armando Calabrese, Roberta Costa, Nathan Levialdi, Tamara Menichini, Integrating sustainability into strategic decision-making: A fuzzy AHP method for the selection of relevant sustainability issues, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 139, 2019, Pages 155-168, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.11.005>.

BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021.

Cathy Macharis, Johan Springael, Klaas De Brucker, Alain Verbeke, PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis.: Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP, *European Journal of Operational Research*, Volume 153, Issue 2, 2004, Pages 307-317, ISSN 0377-2217, [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00153-X).

COSTA, David de Oliveira; SANTOS, MARCOS DOS; PEREIRA, Daniel Augusto de Moura. O Processo de Compras de Insumos numa Indústria na Perspectiva do Método Analytic Hierarchy Process (AHP). *Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP 2021*.

Gomes, Luiz Flavio Autran Monteiro Tomada de decisões em cenários complexos : introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão / Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes, Marcela Cecilia González Araya, Claudia Carignano ; tradutora técnica Marcela Cecilia González Araya. - São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

Koloseni, D .; Helldin, T .; Torra, V. AHP-Like Matrices and Structures—Absolute and Relative Preferences. *Mathematics* 2020, 8, 813. <https://doi.org/10.3390/math8050813>.

Dos Santos, Marcos & Costa, Igor & Gomes, Carlos Francisco. (2021). *Multicriteria Decision Making in the Selection of Warships: a New Approach to the AHP Method*. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*. 13. 10.13033/ijahp.v13i1.833.



Missaggia, André; Caetano, Nattan; Silva, Deoclécio; Ruppelt, Marcos; *Tomada de decisão multicritério aplicada a biocombustíveis*; Exacta – Engenharia de Produção (2020), <https://doi.org/10.5585/exactaep.v18n4.14265>.

Santos, Marcos. Notas de aula – *Tomada de Decisão com o Método AHP-Gaussiano*, (2021).

Moreira, Miguel Ângelo Lellis. Notas de aula – *Método de Tomada de Decisão Multicritério*, (2021).