APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP-GAUSSIANO – UMA ABORDAGEMM PRÁTICA PARA ESCOLHA DE UM DESKTOP PARA PROCESSAMENTO DE IMAGENS CAPTURADAS POR VANT

Danillo Marcus Farias Marinho do Monte (UFCG) danilodomonte@gmail.com
Daniel Augusto Pereira de Moura (UFCG) danielmoura@ufcg.edu.br
Bruno Pereira Diniz (UFCG) brunopereiradiniz046@gmail.com
Mateus José de Siqueira Silva (UFCG) mateussiqueirasilva3@gmail.com
Pedro Paulo Mendes Tomaz (UFCG) pedrtomz@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo selecionar, a partir do Método de Apoio à decisão Multicritério AHP-Gaussiano, um Desktop que será utilizado para processamento dos dados oriundos de levantamentos aerofotogramétricos realizados por VANT. Trata-se de um trabalho quantitativo e exploratório. Forma pré-selecionadas cinco alternativas de equipamentos, com requisitos mínimos exigidos pelo software de processamento de dados aerofotogramétrico Agisoft Metashape. A partir dai, foram definidos 8 critérios para seleção do melhor equipamento. Os resultados indicaram que o Razor Prodigy RX 690 II é o melhor equipamento para o caso supracitado.

Palavras-Chaves: Pesquisa Operacional. Apoio à Decisão Multicritério. AHP Gaussiano.

1. Introdução

Com o aumento exponencial das tecnologias em todo o planeta, se torna cada vez mais difícil escolher um equipamento adequado para execução do que se é proposto. No entanto, nem sempre as organizações, grandes ou pequenas, públicas ou privadas, sabem tomar tais decisões aliando custo/benefício a fim de se obter um equipamento sem que se tenha um alto custo e baixo benefício.

Portanto, para auxilio nos processos de tomada de decisão, foram desenvolvidos diversos métodos de apoio a tomada de decisão aos quais um ou mais decisores elegem critérios e alternativas de alta relevância que são incrementados ao modelo matemático modelado especificamente para cada método multicritério e com base nos resultados desses métodos o decisor ou os decisores tem a possibilidade de tomar suas decisões baseado em um modelo matemático válido e consistente mitigando a subjetividade.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é selecionar um desktop, a partir do método AHP-Gaussiano, para processamento dos dados oriundos de levantamentos aerofotogramétricos realizados por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT).

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):

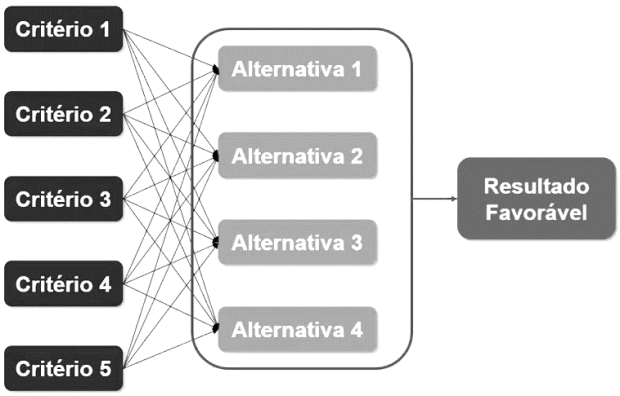
I. Critérios e alternativas (número finito de alternativas, comparado em função de um número finito de critérios); Santos (2021) entende que, existe uma limitação no número de critérios (15).

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)

Missagia 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.

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	*Igual*	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo
3	*Moderada*	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro
5	*Forte*	A experiência e o julgamente favorecem fortemente o elemento em relação ao outro
7	*Muito forte*	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática
9	*Absoluta*	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 atribuido, 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

$$\begin{bmatrix} a11 & a21 & a31 & \dots & a1n \\ a21 & a22 & a32 & \dots & a2n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ an1 & an2 & an3 & \dots & axn \end{bmatrix}$$

Etapa 2: Cálculo do autovetor

$$Wi = \left(\prod_{j=1}^{n} wij \right)^{\frac{1}{n}}$$

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

$$\lambda máx = T * W$$

Etapa 5: índice de consistência (IC)

$$IC = \frac{\lambda máx - n}{(n-1)}$$

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-Gausssiano, 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:

Determinar a matriz de decisão (definir se os critérios são: monotônico de benefício ou de custo);

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

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

i. Média aritmética

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

ii. Desvio padrão

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

iii. Fator gaussiano

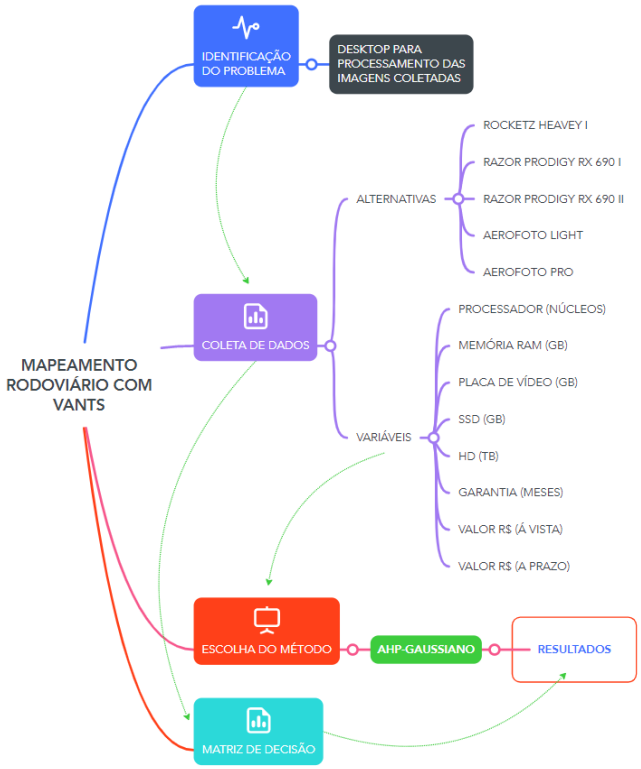
$$fgaussiano = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

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

Este trabalho se caracteriza como exploratório e quantitativo e o mapa metodológico pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Mapa metodológico



Fonte: Autores (2022)

Para escolha dos requisitos mínimos que o Desktop deve ter, levou-se em consideração os parâmetros necessários para rodar o software de processamento de imagens de fotogrametria Agisoft Metashape.

Com relação as alternativas elencadas para o processo de escolha, foram pré-selecionados 5 equipamentos com configurações distintas, mas que atendem o mínimo exigido para os processamentos dos dados de fotogrametria.

Complementar as alternativas foram definidos, também balizados pelas configurações mínimas do fabricante do software de processamento, os critérios necessários para construção da matriz de decisão. Dos 8 critérios em questão, 6 são critérios monotônicos de benefício e 2 são critérios monotônicos de custo.

Por fim, a matriz foi aplicada ao método de apoio a tomada de decisão AHP-Gaussiano (BALDINI, 2021), onde foram calculados todos os fatores necessários sendo gerado um ranking a fim de auxiliar o decisor na escolha do equipamento mais adequado para o que é proposto.

4. Resultados e Discussões

A Figura 3 ilustra a base de dados que compõe a matriz de decisão do método AHP-Gaussiano.

Figura 3 – Matriz de decisão AHP-Gaussiano

AHP - GAUSSIANO

TIPO	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN
ALTERNATIVA / CRITÉRIO	Processador (Núcleos)	Memoria (RAM)	Placa de Vídeo (GB)	SSD (GB)	HD (TB)	Garantia (meses)	Valor (R$) A VISTA	Valor (R$) PRAZO
Rocketz Heavey I	6	16	2	512	2	12	13.219,99	17.496,00
Razor Prodigy RX 690 I	8	32	8	512	2	24	13.918,25	15.464,73
Razor Prodigy RX 690 II	12	64	8	512	2	24	17.918,76	19.909,73
Aerofoto Light	10	32	12	0	1	12	24.990,00	24.990,00
Aerofoto PRO	16	64	12	0	2	12	29.990,00	29.990,00

Fonte: Autores (2022)

Como determinado pelo método e de acordo com o que preconiza a literatura de análise de multicritérios, para os critérios monotônicos de custo quanto menor for o seu valor, melhor. Seguindo nesse sentido, os critérios classificados como monotônicos de custos foram: "Valor (R$) À VISTA" e "Valor (R$) À PRAZO". Logo, estes critérios precisam ser minimizados. Antagônico ao critério monotônico de custo, o critério monotônico de benefício contempla que, quanto maior for o seu valor, melhor. Portanto, os critérios monotônicos de benefício foram: Processador (Núcleos), Memória (RAM), Placa de Vídeo (GB), HD (TB), e Garantia (meses). Tais critérios devem ser maximizados.

A Figura 4 mostra o resultado gerado através da aplicação do método AHP-Gaussiano. Nessa etapa já é possível verificar os critérios normalizados, suas medidas de variabilidade, o Fator Gaussiano do grupo amostral e o Ranking de ordenamento das alternativas. Pode-se perceber que o modelo mais adequado a ser adquirido, de acordo com o método e as alternativas dispostas, é o Razor Prodigy RX 690 II, pois obteve a maior pontuação, e o menos indicado será o Aerofoto Light.

Figura 4 – Matriz de decisão normalizada e o resultado do AHP-Gaussiano

Matriz Normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	AHP-G	RANK
Rocketz Heavey I	0,167	0,111	0,067	0,333	0,286	0,167	0,3109	0,270	0,192	5
Razor Prodigy RX 690 I	0,222	0,222	0,267	0,333	0,286	0,333	0,295	0,305	0,273	3
Razor Prodigy RX 690 II	0,333	0,444	0,267	0,333	0,286	0,333	0,229	0,237	0,315	1
Aerofoto Light	0,278	0,222	0,400	0,000	0,143	0,167	0,164	0,189	0,219	4
Aerofoto PRO	0,444	0,444	0,400	0,000	0,286	0,167	0,137	0,157	0,295	2

Fonte: Autores (2022)

5. Considerações Finais

Os resultados apresentados corroboram com o que foi disposto no início deste trabalho enfatizando a importância da utilização de algum método matemático de apoio a tomada de decisão diminuindo drasticamente a subjetividade e a escolha de um equipamento de custo elevado com configurações além ou abaixo no que é necessário.

Vale ressaltar que os métodos de apoio a tomada de decisão podem e devem ser utilizados em diversas situações, desde a aquisição de um equipamento ou até mesmo a escolha de um investimento a ser feito por uma pessoa comum ou por empreses de pequeno, médio e grande porte.

Sendo assim, os resultados demonstram que nem sempre o equipamento com maior custo e com uma configuração mais agressiva será o mais indicado a ser adquirido. Mostra também que o decisor deve, impreterivelmente, definir os critérios que são de total relevância para modelagem do problema.

REFERÊNCIAS

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

CALABRESE, Armando et al. Integrating sustainability into strategic decision-making: A fuzzy AHP method for the selection of relevant sustainability issues. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 139, p. 155-168, 2019.

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 Processo (AHP). **Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção-SIMEP**, 2021.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GONZÁLEZ, Marcela Cecilia Araya; CARIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. Thomson, 2004.

KOLOSENI, David; HELLDIN, Tove; TORRA, Vicenç. AHP-Like Matrices and Structures—Absolute and Relative Preferences. **Mathematics**, v. 8, n. 5, p. 813, 2020.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. **O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais–um estudo de caso**. **XII SBPO**, v. 1, p. 49, 2009.

MISSAGGIA, André Brum et al. Tomada de decisão multicritério aplicada à biocombustíveis. **Exacta**, v. 18, n. 4, p. 881-907, 2020.

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

SANTOS, Marcos Dos; DE ARAÚJO COSTA, Igor Pinheiro; GOMES, Carlos Francisco Simões. Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 13, n. 1, 2021.

SANTOS, Marcos Dos; GOMES, Carlos Francisco Simões; OLIVEIRA, Altina Silva. **Uma abordagem multicritério para seleção de um navio de guerra de médio porte a ser construído no Brasil**. 2016.

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