

ANÁLISE MULTICRITÉRIO COM A APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP-GAUSSIANO COMO FERRAMENTA DE SELEÇÃO PARA UM AR-CONDICIONADO EM UMA PEQUENA PANIFICADORA.

João Vitor da Silva Alves, (UFCG), joaovitors.alves8@gmail.com

Resumo

Devido à evolução recente das tecnologias e o crescente consumismo da população, a gama de produtos ofertados no mercado vem aumentando gradativamente, fato esse que acaba por dificultar a tomada de decisão para realizar a escolha dos produtos principalmente pelo fato dessas mercadorias possuírem uma familiaridade enorme em suas características. O objetivo desse artigo visa realizar uma análise multicritério com o intuito de obter uma escolha de um Ar-Condicionado para uma pequena panificadora, onde foram utilizados 5 aparelhos similares para a utilização dessa ferramenta. A metodologia aplicada foi o AHP-GAUSSIANO que é um método onde se baseia na análise da sensibilidade que é gerado em função do fator gaussiano, assim gerando pesos dos critérios mediante às entradas quantitativas das alternativas. Com base nisso foi possível selecionar o modelo do eletroeletrônico que mais se aproximou dos requisitos elencados sendo ele o Ar-condicionado Springer Midea Inverter 12.000 Btus Frio o mais adequado para a aquisição da panificadora. Em suma, a ferramenta utilizada possui uma gama de aplicações para obter uma melhor tomada de decisão nos empreendimentos desejados.

Palavras-Chaves: Ar-Condicionado, Análise Multicritério, Tomada de Decisão, AHP-GAUSSIANO.

1. Introdução

Devido ao aumento na quantidade equipamentos no mercado as organizações acabam levando mais tempo para realizar a aquisição dos maquinários adequados, isso vem ganhando um destaque cada vez maior devido ao fato de uma boa escolha trazer perspectivas de sucesso para o empreendimento, com tudo nem sempre é possível realizar a escolha mais adequada, "na maioria das decisões complexas, não há uma alternativa perfeita" (HAMMOND, 2017). Para a diminuição dessa problemática o desenvolvimento da análise multicritério foi uma

grande solução, segundo Jannuzzi (2009) devido ao fato de ser uma técnica utilizada em situações em que as decisões precisam ser pautadas por meio de critérios técnicos objetivos e transparentes, isso acaba facilitando a tomada de decisão referente a compra de equipamentos.

Portanto, o objetivo deste trabalho é fazer uso de ferramentas de tomadas de decisões para realizar uma análise multicritério em um conjunto de equipamentos pré selecionados, a ferramenta que será utilizada para a realização da pesquisa se trata especificamente do AHP-Gaussiano para selecionar o Ar-Condicionado que mais se adequa às necessidades estabelecidas para o uso na pequena panificadora.

2. Fundamentação teórica

Nesta fundamentação teórica, serão apresentados os métodos de multicritério de apoio a tomada de decisões como o método AHP clássico e o método AHP-Gaussiano que é a ferramenta que será utilizada no presente estudo.

2.1 Método AHP clássico

Segundo Gross (2010) o método de multicritério foi idealizado com o intuito de conduzir e apoiar as escolhas de alternativas, por meio de diferentes setores, desde decisões factíveis até as não-factíveis para determinado problema.

Segundo Jordão e Pereira (2006) o método AHP clássico permite que seja utilizado valores qualitativos e quantitativos, por esse motivo é considerado um método confiável e simples sendo possível a aplicação em diferentes áreas que façam uso desse tipo de dados.

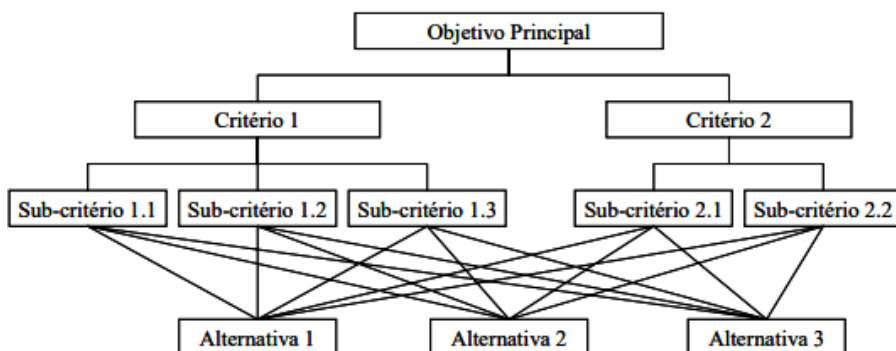
Oliveira e Belderrain (2008) descrevem que os passos para o método AHP, proposto pelo professor Thomas Saaty (1980) está dividido nas etapas a seguir:

Etapas 1: Definição do problema de decisão

Estuda-se o problema de decisão com foco em identificar o objetivo, critérios, subcritérios e as alternativas para a solução do problema.

Etapas 2: Hierarquização do problema de decisão.

Figura 1. Estruturação Hierárquica do Problema



Fonte: Oliveira e Belderrain (2008)

Etapa 3: Coleta dos julgamentos dos especialistas

Estes julgamentos, posteriormente, são convertidos em índices quantitativos utilizando a escala fundamental.

Figura 2. Escala fundamental

| Intensidade | Definição | Explicação |
|-------------|--|--|
| 1 | Igual importância. | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo. |
| 3 | Importância pequena de uma sobre outra. | A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra. |
| 5 | Importância grande ou essencial. | A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra. |
| 7 | Importância muito grande ou demonstrada. | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática. |
| 9 | Importância absoluta. | A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança. |
| 2,4,6,8 | Valores Intermediários. | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições. |

Fonte: Oliveira e Belderrain (2008)

Etapa 4: Formação da matriz de decisão.

$$\begin{vmatrix}
 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\
 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\
 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdots & a_{3n} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \cdots & 1
 \end{vmatrix}$$

Etapa 5: Obtenção dos autovalores e autovetores

- Cálculo do autovalor associado ao vetor calculado

$$Aw = \lambda_{m\acute{a}x} * w$$

- Cálculo da normalização dos autovetores

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad \lambda_{m\acute{a}x} = 3$$

- Índice que relaciona os critérios da matriz de consistência

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

Etapa 6: Razão de consistência da matriz de decisão.

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

- Índice de consistência (IC)

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

Figura 3. Índice de randômico para n (CA)

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | .52 | .89 | 1.11 | 1.25 | 1.35 | 1.40 | 1.45 | 1.49 |

Fonte: Oliveira e Belderrain (2008)

Etapa 7: Processo de agregação dos vetores de prioridade

Consiste em gerar os valores finais das alternativas, após receber os vetores de prioridades das matrizes de decisão referente às alternativas sob cada critério.

2.2 Método AHP-GAUSSIANO

Segundo Santos et al (2021) as novas perspectivas geradas pelo método AHP-GAUSSIANO se baseiam nas análises geradas em função do fator Gaussiano, que gera pesos para os critérios por meio das entradas quantitativas, das opções inseridas.

O grande diferencial do método AHP clássico proposto por Saaty (1980) em relação ao Gaussiano está presente justamente na inserção dos critérios de média e desvio padrão, além de o método clássico não se aplicar na escala fundamental, segundo Monte (2022).

Segundo Barroso (2021) o método AHP-GAUSSIANO utilizado neste estudo segue os seguintes passos:

1º Passo: *Definição dos critérios de Maximização ou Minimização;*

2º Passo: *Criação da Matriz Normalizada método AHP-GAUSSIANO.*

3º Passo: *Calcular a Média, desvio padrão e com isso calcular o fator Gaussiano e após normalizar o Fator Gaussiano.*

- *Média Aritmética*

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

- *Desvio Padrão*

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

- *Fator Gaussiano*

$$f_{\text{Gaussiano}} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

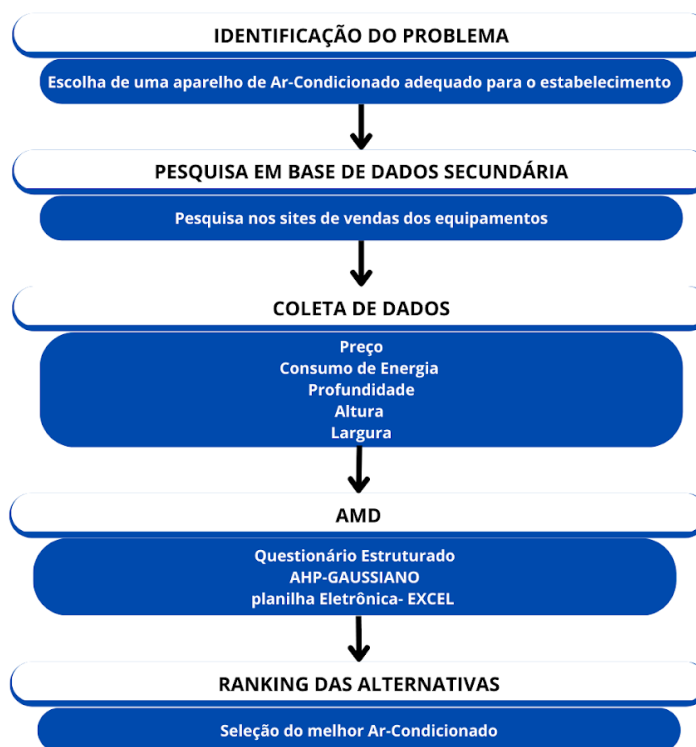
4º Passo: Criação e análise de sensibilidade do ranking de alternativas do método AHP–GAUSSIANO.

Este é o passo a passo no método que utilizamos para a análise dos critérios que analisamos.

3. Metodologia

O presente artigo configura-se como um trabalho exploratório e quantitativo. Visto que foi necessário a realização de um estudo profundo da ferramenta para a familiarização com o objeto de estudo, já na abordagem quantitativa foi utilizado visto que foi realizado um estudo sobre o objeto da pesquisa, principalmente no contexto no qual estava inserido. O sumário metodológico da pesquisa pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4. Sumário da metodologia utilizada



Fonte: Autoria Própria, 2022

Para o desenvolvimento da primeira etapa da metodologia foi realizada a identificação do problema. Neste caso, o problema foi obtido por meio de um projeto desenvolvido para a inicialização de uma padaria localizada no município de Serra Branca-PB, com isso desejava saber, para fins de compra, qual o melhor Ar-Condicionado para a implementação no

escritório deste estabelecimento obteria os melhores parâmetros de estresse térmico aliado a um bom custo benefício.

Já na segunda etapa, realizou-se uma busca, em uma base secundária de dados, dos sites onde os equipamentos estavam sendo ofertados com algumas características necessárias para sua aquisição. Em seguida, foi realizada a coleta das informações técnicas de todos os 5 aparelhos em questão.

A terceira etapa foi realizada a identificação de todas as características fundamentais para que os aparelhos fossem escolhidos para participarem da análise multicritério, ou seja, os critérios qualificadores. Foram definidos da seguinte maneira:

- Preço: Como se trata de uma pequena panificadora iniciando seus trabalhos, a obtenção de maquinários de baixo custo com alta rentabilidade é de suma importância;
- Consumo de Energia: Ao obter um equipamento que utiliza pouca eletricidade você acaba por ter uma redução nos gastos mensais com energia elétrica;
- Profundidade: A escolha de uma profundidade maior foi em relação a capacidade de resfriamento do equipamento;
- Altura: A altura deveria ser considerada menor pois como o ambiente é compacto um aparelho menor seria o mais adequado;
- Largura: Após uma consulta foi realizada a opção de uma largura maior para que preenchesse a parede do escritório.

Na quarta etapa da estrutura foi realizado um questionário a respeito de quais características eram as mais importantes de serem consideradas para a compra do Ar-Condicionado. No questionário tivemos a análise de quais critérios deveriam ser maximizados e minimizados para a realização do método.

Por fim tivemos a aplicação da planilha em Excel, produzida por Baldini et al (2021), para modelagem e processamento dos dados obtidos, para rodar o AHP-Gaussiano. O output gerado desta modelagem foi o ranking, por ordem de importância, das alternativas.

4. Resultados e discussões

4.1 Método AHP-GAUSSIANO

Atualmente temos um grande número de ferramentas e softwares que auxiliam os usuários que estão dispostos a fazerem uso de ferramentas de todas de decisões, para a aplicação desse método no presente artigo foi utilizado a planilha de Excel, onde foi empregado o método AHP- GAUSSIANO em VBA que se trata de um sistema de um modo híbrido constituído por duas técnicas de tomada de decisão multicritério que são usualmente adotadas em cenários complexos, caracterizados pela presença de objetivos múltiplos e conflitantes.

Figura 5. Interface do Site 3DM



Fonte: AHP-GAUSSIANO em VBA 2021

4.2 Ar Condicionados selecionados para análise multicritério

A utilização da análise de multicritério para as escolhas de equipamentos vem se tornando uma ferramenta de grande valia na tomada de decisões atualmente, pois os softwares permitem que seja comparado diversos tipos de utensílios, baseados em vários critérios, com o intuito de facilitar e auxiliar essa tomada de decisões.

Com base nisso foi realizada essa análise para a seleção de um ar condicionado para a colocação na administração da panificadora, na Figura 6 podemos ver a pré-seleção dos itens escolhidos para ser utilizado no software de tomada de decisão.

Figura 6. Pré-seleção dos Ar Condicionados



Fonte: Autoria Própria, 2022

Nas tabelas a seguir podemos observar as características que cada ar condicionado possui para realização da análise multicritério:

(a) Ar Condicionado Split Pas 9000 Btus Frio Philco que está custando aproximadamente R\$ 1.859,00; para o desenvolvimento da análise foi solicitado as seguintes características deste item:

Tabela 1- Parâmetros obtidos do produto (a) para a análise

| Ar Condicionado Split Pas 9000 Btus Frio Philco | |
|---|--------------|
| Critério | Valor |
| Preço | R\$ 1.859,00 |
| Consumo de Energia | 30,5 mês |
| Profundidade | 43 cm |
| Altura | 52 cm |
| Largura | 38 cm |

Fonte: Autoria Própria, 2022

(b) Ar Condicionado Split Pas 12000 Btus Frio Philco que está custando aproximadamente R\$ 1.510,29; para o desenvolvimento da análise foi solicitado as seguintes características deste item:

Tabela 2- Parâmetros obtidos do produto (b) para a análise

| Ar Condicionado Split Pas 12000 Btus Frio Philco | |
|---|--------------|
| Critério | Valor |
| Preço | R\$ 1.510,29 |
| Consumo de Energia | 25,8 mês |
| Profundidade | 48,5 cm |
| Altura | 56 cm |
| Largura | 37 cm |

Fonte: Autoria Própria, 2022

(c) Ar-condicionado Springer Midea Inverter 12.000 Btus Frio que está custando aproximadamente R\$ 2.229,00; para o desenvolvimento da análise foi solicitado as seguintes características deste item:

Tabela 3- Parâmetros obtidos do produto (c) para a análise.

| Ar-condicionado Springer Midea Inverter 12.000 Btus Frio | |
|---|--------------|
| Critério | Valor |
| Preço | R\$ 2.229,00 |
| Consumo de Energia | 22,8 mês |
| Profundidade | 28 cm |
| Altura | 20 cm |
| Largura | 80 cm |

Fonte: Autoria Própria, 2022

(d) Ar Condicionado Split LG Dual Inverter Compact 12.000 BTUs que está custando aproximadamente R\$ 1.994,05; para o desenvolvimento da análise foi solicitado as seguintes características deste item:

Tabela 4- Parâmetros obtidos do Produto (d) para a análise.

| Ar Condicionado Split LG Dual Inverter Compact 12.000 BTUs | |
|---|--------------|
| Critério | Valor |
| Preço | R\$ 1.994,05 |
| Consumo de Energia | 20,9 mês |
| Profundidade | 23 cm |
| Altura | 48,3 cm |
| Largura | 71,7 cm |

Fonte: Autoria Própria, 2022.

(e) Ar Condicionado Split Consul Maxi 12000 Btu Frio que está custando aproximadamente R\$ 1.569,00; para o desenvolvimento da análise foi solicitado as seguintes características deste item:

Tabela 5- Parâmetros obtidos do Produto (e) para a análise

| Ar Condicionado Split Consul Maxi 12000 Btu Frio | |
|--|--------------|
| Critério | Valor |
| Preço | R\$ 1.569,00 |
| Consumo de Energia | 22,8 mês |
| Profundidade | 43 cm |
| Altura | 52 cm |
| Largura | 38 cm |

Fonte: Autoria Própria, 2022

4.3 Utilização do 3DM e seleção do melhor equipamento

Para realizar a análise multicritério do ar condicionado que vai ficar alocada no ambiente administrativo da padaria foi realizado da seguinte maneira, com os dados obtidos na seção anterior foi possível inserir tais parâmetros na tabela do AHP-GAUSSIANO em VBA, na Figura 7 podemos visualizar a interface da planilha onde foi adicionado 5 Alternativas que está sendo representada pelos modelos dos ar condicionado em sua respectiva ordem vista na seção anterior, logo abaixo temos os critérios que é composto por: preço, consumo de energia, profundidade, altura e pôr fim a largura.

Figura 7. Interface do Menu AHP-GAUSSIANO em VBA

AHP - GAUSSIANO

| | |
|------------------------|---|
| Número de Alternativas | 5 |
| Número de Critérios | 5 |

Limpar Tudo

GERAR BASE AHP-Gaussiano

GERAR BASE AHP-Gaussiano + AHP

PROCESSAR AHP-Gaussiano

PROCESSAR AHP-Gaussiano + AHP

Fonte: Autoria Própria, 2022

Após inserir os valores referentes a alternativas e critérios foi pressionado o botão de Geral Base AHP-Gaussiano, onde foi gerado automaticamente a tabela vista na Figura 8, as alternativas estão sendo representada pela letra maiúscula **A** e os critérios com **C**, após inserir os dados dos ar condicionados foi selecionado a taxa de maximização ou minimização, para o preço (**C1**) foi minimizado com o intuito de trazer o produto com melhor custo benefício, para o consumo de energia (**C2**) minimizador novamente para obter um produto que tenha um

gasto relativamente baixo o que tornará a conta de energia da panificadora um pouco menor, para a profundidade (C3) foi minimizado pois é uma característica que pode deixar um produto mais eficiente, para a altura (C4) temos novamente minimizado pois como um equipamento menor de altura deixa um espaço mais organizado e atrativo e por fim para a largura (C5) foi maximizado tendo em vista preencher a parede lateral do escritório alcançando assim um conforto térmico mais adequado.

Figura 8. Tabela com os dados dos Ar Condicionados

| Tipo | MIN | MIN | MAX | MIN | MAX |
|------|---------|------|------|------|------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| A1 | 1859 | 30,5 | 43 | 52 | 38 |
| A2 | 1510,29 | 25,8 | 48,5 | 56 | 37 |
| A3 | 2229 | 22,8 | 28 | 20 | 80 |
| A4 | 1994,05 | 20,9 | 23 | 48,3 | 71,7 |
| A5 | 1569 | 22,8 | 43 | 52 | 38 |

Fonte: Autoria Própria, 2022

Após a inserção dos valores referentes ao critério dos produtos foi pressionado o botão Processar AHP-Gaussiano que está localizado na Figura 7, após isso foi obtido a tabela da Figura 33, onde temos os valores em AHP-G que nos proporciona o Rank geral dos produtos adicionados no planilha, sendo esse método a melhor escolha foi a Ar-condicionado Springer Midea Inverter 12.000 Btus Frio (A3) que obteve a pontuação de 0,282279 em segundo lugar temos a Ar Condicionado Split LG Dual Inverter Compact 12.000 BTUs (A4) com 0,191435 pontos, em terceiro ficou o Ar Condicionado Split Consul Maxi 12000 Btu Frio (A5) com 0,178438 seguido do Ar Condicionado Split Pas 12000 Btus Frio Philco (A2) com valor de 0,178035 e por final na quinta colocação ficou o Ar Condicionado Split Pas 9000 Btus Frio Philco (A1) que obteve o AHP-G de 0,169814.

Figura 9. Tabela Gerada com a melhor Solução

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | AHP-G | RANK |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| A1 | 0,192976 | 0,158305 | 0,231806 | 0,151396 | 0,143559 | 0,169814 | 5 |
| A2 | 0,237532 | 0,187143 | 0,261456 | 0,140582 | 0,139781 | 0,178035 | 4 |
| A3 | 0,160943 | 0,211767 | 0,150943 | 0,393631 | 0,302229 | 0,282279 | 1 |
| A4 | 0,179906 | 0,231019 | 0,123989 | 0,162994 | 0,270873 | 0,191435 | 2 |
| A5 | 0,228644 | 0,211767 | 0,231806 | 0,151396 | 0,143559 | 0,178438 | 3 |

Fonte: Autoria Própria, 2022

Na figura 34, temos os valores que a planilha utiliza nos cálculos onde podemos observar alguns parâmetros com a média do desvio padrão, fator Gaussiano e o fator Gaussiano Norma.

Figura 10. Tabela de Valores Obtidos da Planilha

| | | | | | |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Média | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Desvio Padrão | 0,032433 | 0,028031 | 0,059127 | 0,108533 | 0,079799 |
| Fator Gaussiano | 0,162166 | 0,140154 | 0,295637 | 0,542663 | 0,398993 |
| Fator G. Norma. | 0,105329 | 0,091032 | 0,19202 | 0,352467 | 0,259151 |

Fonte: Autoria Própria, 2022

5. Considerações finais

Conforme os resultados, a partir da utilização do método multicritério AHP-Gaussiano, na Padaria Sabor Real para a melhor identificação das opções de Ar-Condicionado a serem adquiridos pela panificadora com objetivo de minimizar possíveis gastos com eletricidade e quebras do equipamento. As características dos equipamentos buscadas pela empresa foram: baixo preço de aquisição, consumo elétrico minimizado, uma boa profundidade, uma altura menor e uma largura adequada para instalação. A proposta do modelo AHP-Gaussiano auxilia na priorização dos critérios, além de determinar qual a decisão correta, o modelo traz subsídios para justificar as escolhas.

O resultado do método aplicado mostrou, que o modelo eleito como a melhor opção poderia não atender, em suma, as exigências que o problema exige, fato esse evidenciado por meio de o equipamento selecionado ter o maior preço, porém com o passar do tempo irá obter uma maior rentabilidade, além do que todos os outros requisitos foram amplamente atendidos, pois o mesmo possui o menor custo por consumo de eletricidade, altura, profundidade e largura adequados, o método utilizado neste trabalho demonstrou que as vezes o modelo mais caro pode ser o melhor para o seu estabelecimento comercial, devido ao fato de o aparelho ter uma melhor rentabilidade futuramente.

O resultado apresentado nesta análise multicritério, ressalta a importância da utilização de robustos métodos para obter uma resolução dentro de todas as áreas de atuação com o objetivo de que as decisões não sejam tomadas de forma subjetiva.



REFERÊNCIAS

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

BARROSO, Danilo. MÉTODO AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS-GAUSSIANO) NA DETERMINAÇÃO DE AQUISIÇÃO DE UM APARELHO CELULAR. **Revista Eletrônica Ciência & Tecnologia Futura**, v. 1, n. 1, 2022.

GROSS, J. Charles. Multicritério de Apoio à Decisão. Indaial: UNIASSELVI, 2010.

HAMMOND, John S.; KEENEY, Ralph L.; RAIFFA, Howard. Decisões inteligentes: como avaliar alternativas e tomar a melhor decisão. Alta Books Editora, 2017.

JANNUZZI, P. de M.; MIRANDA, WL de; SILVA, DSG da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. *Informática Pública*, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009.

JORDÃO, Bruno Miguel da Cruz; PEREIRA, Susete Rodrigues. A ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO - O Método Analítico Hierárquico de T. L. Saaty. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Brasil, 2006.

MONTE, Danilo Marcus Farias Marinho do; PEREIRA, Daniel Augusto de Moura. AHP GAUSSIANO – UMA ABORDAGEM PRÁTICA NA SELEÇÃO DE VANT'S PARA AEROFOGRAMETRIA E INSPEÇÃO RODOVIÁRIA. In: Anais do simpósio de engenharia de produção: SIMEP. Anais...Rio de Janeiro (RJ) UVA, 2022. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/xsimep/479514-AHP-GAUSSIANO--UMA-ABORDAGEM-PRATICA-NA-SELECAO-DE-VANTS-PARA-AEROFOGRAMETRIA-E-INSPECAO-RODOVIARIA>>. Acesso em: 30, dez, 2022

OLIVEIRA, CA de; BELDERRAIN, Mischel Carmen N. Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridades no AHP. **Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa, Posadas, Argentina**, 2008.

SANTOS, M. DOS; COSTA, I. P. DE A.; GOMES, C. F. S. 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.