



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA

SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROJETOS DE ENGENHARIA MECÂNICA
UTILIZANDO MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

EDSON DAVID RIBEIRO NETO

TERESINA
2024

EDSON DAVID RIBEIRO NETO

SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROJETOS DE ENGENHARIA MECÂNICA
UTILIZANDO MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO: UMA
AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Mecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador Prof. Dr. Franscisco Valdivino
Rocha Lima

TERESINA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Ribeiro Neto, Edson David

R484s Seleção de fornecedores em projetos de engenharia mecânica utilizando métodos multicritério de apoio à decisão / Edson David Ribeiro Neto. - 2024. 34 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus
Teresina Central, 2024.

Orientador : Prof Dr. Francisco Valdivino Rocha Lima.

1. Tomada de decisão . 2. Multicritério. 3. Seleção de fornecedores. 4.
Métodos de seleção. I. Título.

CDD - 620

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

EDSON DAVID RIBEIRO NETO

SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROJETOS DE ENGENHARIA MECÂNICA
UTILIZANDO MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Mecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: 18/09/2024.

BANCADA EXAMINADORA

Prof. Dr. Franscisco Valdivino Rocha Lima (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI

Prof. Dr. Gerardo Pereira de Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI

Profa. Ma. Lyvia Basilio Caland Avelino
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI

RESUMO

Na gestão de suprimentos, a seleção adequada de fornecedores é crucial para o sucesso da empresa, sendo comum que o problema apresente mais de uma solução possível. Neste contexto, a escolha deve considerar múltiplos critérios, como por exemplo, qualidade, prazo e relacionamento. Muitas vezes decisores baseiam-se apenas em sua experiência, podendo acarretar erros nas avaliações, devido à ausência de uma análise estruturada para selecionar os melhores fornecedores. Por essa razão, os métodos de análise de decisão multicritério, tem se destacado porque apresentam conjuntos de padrões, procedimentos e metodologias e vão em busca da maior eficiência na escolha. Sendo assim, as empresas buscando por tomar as escolhas mais eficientes com agilidade vem elegendo seus fornecedores por meio dos métodos de seleção multicritérios (MDCM). Nesta perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo Desenvolver um modelo multicritério de apoio à decisão para a seleção de fornecedores, utilizando os métodos AHP e TOPSIS, de maneira a atender os parâmetros desejados pela empresa e promover maior eficiência na gestão de suprimentos, possibilitando decisões mais assertivas na escolha dos fornecedores. Para isso, foi desenvolvido um método utilizando o AHP para definir a hierarquia de importância e os pesos dos critérios que a empresa considera nos fornecedores. Estas informações foram aplicadas no TOPSIS visando identificar a opção que mais se aproximar da melhor solução e mais se distancia da pior, segundo os critérios previamente definidos pela empresa, fornecendo, assim, suporte ao responsável no processo de tomada de decisão. O modelo desenvolvido foi aplicado para a avaliação prática de fornecedores, com a definição de um objetivo claro, critérios de análise estabelecidos e a coleta de dados dos fornecedores. Ao final, o processo resultou em uma ordenação que destacou as alternativas mais eficientes.

Palavras-chave: tomada de decisão; multicritério; seleção de fornecedores; métodos de seleção; ahp; topsis.

ABSTRACT

In supply management, the proper selection of suppliers is crucial to the company's success, and it is common for the problem to present more than one possible solution. In this context, the choice must consider multiple criteria, such as quality, deadline and relationship. Decision makers often base their decisions solely on their experience, which can lead to errors in their assessments due to the absence of a structured analysis to select the best suppliers. For this reason, multicriteria decision analysis methods have stood out because they present sets of standards, procedures and methodologies and seek greater efficiency in the selection process. Therefore, companies seeking to make the most efficient choices quickly have been choosing their suppliers through multicriteria selection methods (MDCM). In this perspective, this work aims to develop a multicriteria decision support model for supplier selection, using the AHP and TOPSIS methods, in order to meet the parameters desired by the company and promote greater efficiency in supply management, enabling more assertive decisions in the selection of suppliers. To this end, a method was developed using AHP to define the hierarchy of importance and the weights of the criteria that the company considers in suppliers. This information was applied to TOPSIS in order to identify the option that comes closest to the best solution and furthest from the worst, according to the criteria previously defined by the company, thus providing support to the person responsible in the decision-making process. The model developed was applied to the practical evaluation of suppliers, with the definition of a clear objective, established analysis criteria and the collection of data from suppliers. In the end, the process resulted in an ordering that highlighted the most efficient alternatives.

Keywords: decision-making; multicriteria; supplier selection; selection methods; ahp; topsis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Critérios base para a seleção dos fornecedores	15
Figura 2 - Organização hierárquica	17
Figura 3 - Fluxograma do método desenvolvido	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios e seus apelidos	21
Tabela 2 - Fornecedores	22
Tabela 3 - Pontuação para os fornecedores.....	22
Tabela 4 - Método AHP	23
Tabela 5 - Numérica de Saaty	23
Tabela 6 - Cálculo da Normalização	24
Tabela 7 - Método TOPSIS.....	26
Tabela 8 - Fornecedores com dados da simulação	26
Tabela 9 - Pontuação dos fornecedores da simulação.....	27
Tabela 10 - AHP com pesos definidos para a simulação.....	27
Tabela 11 - Cálculo da normalização da simulação.....	28
Tabela 12 - Método TOPSIS com dados da simulação	28
Tabela 13 - Resultado dos fornecedores da simulação	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	The Analytic Hierarchy Process
CNC	Controle Numérico por Computador
ESG	Environmental, Social and Governance
ISO	International Organization for Standardization
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
SSP	Supplier Selection Problem
TOPSIS	Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution
VFT	Value Focused Thinking

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	OBJETIVO GERAL	13
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	A IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO DE FORNECEDORES	13
2.2	CRITÉRIOS RELEVANTES NA SELEÇÃO DE FORNECEDORES	14
2.3	MODELOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO	15
2.4	MÉTODO AHP	16
2.5	MÉTODO TOPSIS	18
2.6	COMBINAÇÃO ENTRE AHP E TOPSIS	19
3	METODOLOGIA	19
3.1	MODELAGEM DA METODOLOGIA	20
3.2	DEFINIÇÃO DO OBJETIVO	21
3.3	DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS	21
3.4	DESCRIÇÃO DOS FORNECEDORES	21
3.5	PONTUAÇÃO DOS FORNECEDORES	22
3.6	MÉTODO AHP	22
3.7	MÉTODO TOPSIS	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	APLICAÇÃO DO MODELO EM UMA SIMULAÇÃO	26
4.2	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisão é um processo que, depende do contexto em que ocorre, pode se revelar uma tarefa complexa e multifacetada (Reis; Teixeira, 2015). Em muitas situações, os problemas apresentados possuem ao menos duas alternativas de possíveis escolhas, são caracterizados como problemas de decisões de multicritério, sendo que a escolha é resultada pelo atendimento do maior número de objetivos possíveis, podendo haver divergências entre si, segundo Almeida (2013).

Diante disso, na atual conjuntura de mercado é exigido das empresas: obtenção de menores custos, tempo de atendimento ao seu consumidor e melhoria da qualidade dos produtos. Na busca por alcançar esse cenário, é necessário a união de toda cadeia produtiva da empresa. Uma das áreas de importância para essa união é uma adequada gestão de suprimentos. O bom gerenciamento, acaba tornando-se significativo para a sobrevivência e longevidade de qualquer organização, tendo em vista, principalmente a elevada concorrência de mercado e a pressão por resultados financeiros expressivos (Almeida. et al. 2023).

Por outro lado, na área de gestão de suprimentos, a seleção adequada de um fornecedor é capaz de gerar resultados positivos para a empresa. No entanto, uma escolha equivocada pode gerar problemas que vão além de setores específicos da empresa, causando impacto em funções envolvidas e na lucratividade direta da organização (Longaray, A. A. et al., 2017, p. 3971, apud Bustamente; Duarte; Almeida, 2010, p. 2).

Ademais, em um contexto onde se exige um fornecimento estratégico, muitos critérios devem ser considerados com o objetivo de desenvolver um relacionamento entre cliente e fornecedor. É importante que os responsáveis pelo fornecimento adotem estratégias de gestão de qualidade, gestão de boas práticas nas entregas, possuam solidez financeiras, capacidade cooperativa, aptidão ao codesenvolvimento e possibilidade de reduções de custos (Picoloto, 2020, apud Dulmin E Mininno, 2003).

Além disso, Sonmez (2006) afirma que o problema da seleção de fornecedores, também conhecida por SSP (*Supplier Selection Problem*), pode ser percebido como um problema de decisão multicritério, já que o mesmo avalia de maneira simultânea várias alternativas e critérios. Nesse sentido, os critérios avaliados podem ser apresentados como qualitativos, quando estabelecidos com base em uma escala de

valores numéricos, podendo ser conflitantes entre si, o que torna complexa a tarefa de examina-los de forma conjunta em um modelo único de avaliação.

Na tomada de decisão, o comprador usualmente baseia-se apenas em sua experiência, sem a utilização de modelos matemáticos ou metodologias estruturadas que forneçam um determinado auxílio ao comprador. Esse empirismo pode acarretar em erros na avaliação, já que existem outros fatores que influenciam na percepção de valor, como: tipo de relacionamento entre a parte compradora e vendedora, questões emocionais no momento da decisão, dentre outros (Picoloto, 2020).

Diante do exposto, reforça-se ainda mais a necessidade de uma abordagem científica fundamentada na avaliação multicritério, evitando a seleção equivocada de fornecedores orientada unicamente pela experiência do comprador, o que poderá acarretar em uma baixa performance econômica da empresa. Além disso, uma avaliação criteriosa fornece informações que apoiam o gestor na escolha adequada do fornecedor que melhor se ajuste aos critérios tidos como importantes para a empresa.

Assim, este trabalho tem como objetivo central desenvolver um modelo multicritério de apoio à decisão para a seleção de fornecedores, utilizando os métodos AHP e TOPSIS, de maneira a atender os parâmetros desejados pela empresa e promover maior eficiência na gestão de suprimentos e está estruturado da seguinte forma: Definição do objetivo, Seleção dos critérios e levantamento de dados dos fornecedores, estruturação da hierarquia dos critérios juntamente com o cálculo dos pesos através do AHP, por fim, determinação dos resultados por meio da classificação dos fornecedores utilizando o TOPSIS.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com a crescente concorrência no mercado atual, as empresas tendo conhecimento da efetividade no campo econômico e operacional da produção, vem cada vez mais elegendo seus fornecedores por meio dos métodos de seleção multicritérios. Com isso, diversos estudos abordando a metodologia vem sendo desenvolvidos, pois já são mais de 180 mil referências ao tema no portal Science Direct, e desde os anos 90 já era possível encontrar artigos e teses abordando o tema (Picoloto, 2020).

Diante disso, os métodos de decisão multicritério (MCDM) são fundamentais para a análise e escolha em cenários complexos onde múltiplos critérios devem ser considerados, já que são métodos e procedimentos que vão em busca da escolha mais eficiente. Esses métodos permitem que decisores avaliem alternativas de forma estruturada, levando em conta fatores quantitativos e qualitativos. Além disso, a literatura recente, como a de Greco et al. (2016), enfatiza a capacidade desses métodos de integrar preferências dos decisores, proporcionando um suporte robusto para escolhas mais informadas e eficazes. Assim, a adoção de MCDM não só aprimora a qualidade das decisões, mas também contribui para uma abordagem mais holística na resolução de problemas complexos.

Segundo Macedo (2022), na atualidade, é de amplo conhecimento a criticidade da correta gestão empresarial do setor de suprimentos em uma empresa, no qual, a escolha do fornecedor de produtos ou serviços é um dos princípios fundamentais. Assim, buscando a garantia da qualidade aliado a valores que possibilitam a competitividade, é necessária que para a seleção dos fornecedores haja uma metodologia eficaz, que busque as melhores opções sempre tendo em vista as exigências da empresa.

Do mesmo modo, o uso de MCDM na área de engenharia mecânica é fundamentada na crescente complexidade dos problemas que os engenheiros enfrentam ao tomar decisões. Em projetos e operações, frequentemente é necessário avaliar múltiplos critérios que envolvem aspectos técnicos, econômicos, ambientais e de segurança. Esses critérios, muitas vezes conflitantes entre si, tornam a tomada de decisões baseada em julgamentos intuitivos ou simplificados inadequada.

Com isso, a aplicação de uma boa metodologia é fundamental, porém, mesmo com amplas técnicas e debates, não existe um denominador comum sobre uma sistematização ser melhor do que a outra. Dito isso, nos últimos anos, ao invés de decidirem sobre qual abordagem é superior a outra, foi reaproveitado o que cada uma tem de melhor podendo dessa forma, ter uma utilidade mais efetiva (Aguarón-Joven et al., 2015).

O presente trabalho proporcionará uma contribuição significativa na área de gestão de suprimentos voltado para a seleção de fornecedores em projetos de engenharia mecânica, ao apresentar uma metodologia desenvolvida a atender os critérios desejados pelas empresas.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo multicritério de apoio à decisão para a seleção de fornecedores, utilizando os métodos AHP e TOPSIS, de maneira a atender os parâmetros desejados pela empresa e promover maior eficiência na gestão de suprimentos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os critérios econômicos relevantes para a escolha de fornecedores em projetos de engenharia mecânica.
- Realizar a construção de um modelo multicritério de apoio a decisão utilizando as metodologias AHP e TOPSIS.
- Testar a aplicação do modelo desenvolvido em um cenário real de seleção de fornecedores em projetos de engenharia mecânica, a fim de avaliar a sua eficácia na prática e propor eventuais melhorias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

A seleção de fornecedores em projetos de engenharia mecânica é uma fase fundamental que pode determinar o sucesso ou o fracasso de um projeto. Esta escolha impacta não apenas a qualidade do produto final, mas também os custos, prazos e a eficiência operacional.

Sendo assim, o fornecedor a ser escolhido deve atender as exigências de critérios apresentados pela empresa, como por exemplo a qualidade e confiabilidade que pode ser baseada na ISO 9001 (*International Organization for Standardization*) em que estabelece diretrizes para manter um padrão de qualidade elevados.

Com isso, a decisão não se limita apenas a uma questão de escolher o fornecedor mais barato, envolve uma análise abrangente de fatores que influenciam o sucesso a longo prazo da empresa.

2.2 CRITÉRIOS RELEVANTES NA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Tendo como base a pesquisa realizada por Macedo (2022), que utiliza o método VFT (*Value Focused Thinking*) para a escolha dos critérios base utilizados na escolha dos fornecedores. Método esse que oferece a incorporação dos valores bem como a compreensão do decisor para a elaboração do problema, ficando atento sempre aos valores intrínsecos definidos pela organização.

Keeney (2008), relata que a utilização do VFT pode conduzir a decisões mais assertivas, já que o pensamento centralizado no valor frequentemente converte-se em um melhor grupo de objetivos para qualificar as alternativas, pois a criação de objetivos é um ponto central explícito da metodologia.

Macedo (2022) utilizando o VFT e os métodos propostos por Keeney (1996), desenvolveu e aplicou empiricamente um questionário na empresa ao qual realizava seu estudo. Assim, foi obtido uma compreensão dos objetivos solicitados por uma empresa na escolha de seus fornecedores, sendo eles os seguintes:

(1) Custos: Valor pago na aquisição de materiais, locação de máquinas e mão de obra, em reais; (2) Qualidade: Relacionado ao estado de conservação dos insumos desejados e a condição de uso dos equipamentos locados, podendo utilizar como parâmetro de qualidade, a ISO 9001, norma essa que estabelece critérios para sistemas de gestão da qualidade. (3) Prazos: É o tempo decorrido desde a emissão da ordem de aquisição até a data de entrega na fábrica, em dias. (4) Relacionamento: Relacionado a adaptabilidade do fornecedor mediante solicitações do cliente. (5) Sustentabilidade: Relacionado a aplicação da norma ISO 14001, ao qual, define os requisitos para um sistema de gestão ambiental eficaz.

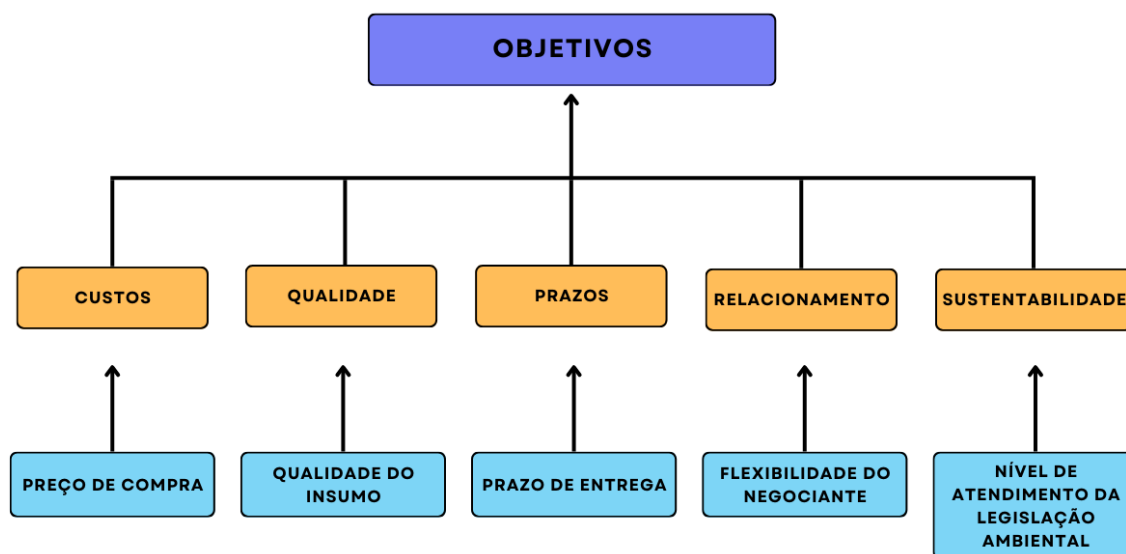
Além dos critérios apresentados, Tidd e Bessant (2020) afirmam que "empresas inovadoras não apenas introduzem novos produtos, mas também continuamente melhoram seus processos e práticas, criando valor tanto para si mesmas quanto para seus clientes", assim, introduzindo o critério de Histórico de Inovação, sendo ele definido como: Análise do histórico do fornecedor em relação ao lançamento de novos produtos ou melhorias em processos.

Outro critério que pode ser abordado é a Capacidade de Produção, sendo ela, a quantidade máxima de produtos que um fornecedor pode fabricar dentro de um determinado período. Conforme apontado por Slack e Lewis (2015), "a capacidade de produção deve ser alinhada com a demanda do mercado para evitar situações de

excesso ou falta de estoque". Por outro lado, há critérios voltados especificamente para área da engenharia mecânica que podem ser abordados dentro das metodologias, como por exemplo, resistência dos materiais e eficiência energética.

Para o presente trabalho, foi aplicado os critérios constatados por Macedo (2022), mas os mesmos podem ser alterados de acordo com a vontade ou necessidade da empresa ao qual a metodologia desenvolvida esteja sendo aplicada.

Figura 1 - Critérios base para a seleção dos fornecedores



Fonte: Adaptado de Macedo, 2022.

Macedo (2022) afirma que os critérios identificados possuem o objetivo de conseguir os insumos com uma maior eficiência e que eles estejam de acordo com as legislações ambientais. Para chegar nos critérios citados, diversos objetivos fundamentais foram considerados, como: “Maximizar a qualidade”; “Minimizar os prazos”; “Melhorar o relacionamento”; “Maximizar a sustentabilidade do negócio”, além de “Minimizar custos”.

2.3 MODELOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

Uma definição amplamente aceita para Modelos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) descreve-os como um conjunto de métodos e técnicas que ajudam os tomadores de decisão a avaliar e equilibrar diversos critérios de forma clara,

facilitando a escolha, classificação ou ordenação de alternativas em contextos decisórios complexos (Belton & Stewart, 2002).

Sendo assim, a base da MCDA está na premissa de que, em diversas situações de tomada de decisão, considerar apenas critérios específicos (como custo, qualidade ou prazo) não é o bastante para obter uma solução eficiente. Os modelos multicritério fornecem uma estrutura sistemática para comparar, ponderar e priorizar esses critérios, assim, permitindo que os decisores escolham a alternativa que melhor supra os fatores relevantes.

Belton e Stewart (2002) ainda ressaltam algumas características dos modelos multicritério, como a incorporação de preferências dos decisores, a comparação de alternativas com base em critérios conflitantes e a possibilidade de comparar diferentes graus de importância entre os critérios. Além disso, esses modelos fornecem uma estrutura formal e transparente para o processo decisório, possibilitando uma análise mais robusta e metódica. Assim, com o intuito de selecionar um fornecedor, a aplicação do MCDA é fundamental, já que suas características possibilitam uma decisão analítica que vai de encontro a maior eficiência, com isso, beneficiando as empresas na escolha de fornecedores que melhor se adequem aos planos e metas.

2.4 MÉTODO AHP

O AHP (*The Analytic Hierarchy Process*) é uma metodologia matemática utilizada para tomada de decisões que apresentam múltiplos critérios, método esse concebido por Thomas Saaty (1980). Os responsáveis por a gestão das empresas, utilizam como base três tipos de juízos para qualificar a relevância ou preferência das opções em uma tomada de decisão: análise de risco, custos e benefícios e conhecimento. Em circunstâncias normais, é viável o estabelecimento de normas de decisão. Porém, faz-se indispensável, na ocasião em que não há normas, confrontar as alternativas, na busca por uma consistência que seja aceitável (Saaty, 1990).

Tendo em vista a competência humana limitada na tomada de decisões, o apoio a decisão multicritério manifesta-se como um instrumento para apoiar o método de tomada de decisão em panoramas onde há um grupo de opções prováveis, analisados sob múltiplos critérios (Martins et al., 2020).

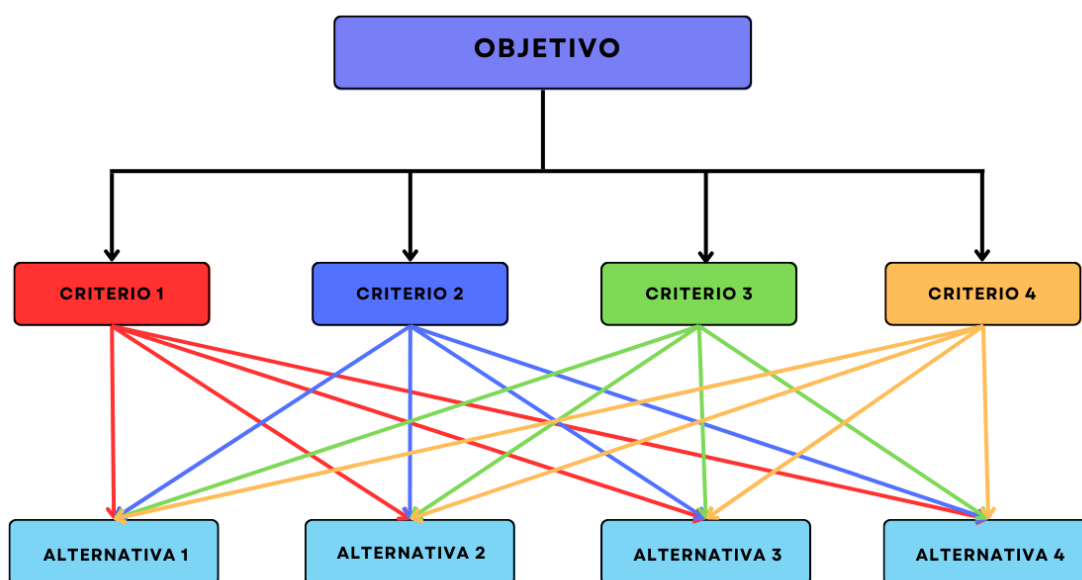
Nesta perspectiva, o método AHP é “uma aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia. O método avalia a importância relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério e determina um ranking total das alternativas” (Salgado, 2021 apud Power, 2020).

A lógica do AHP necessita da elaboração de uma organização estruturada de maneira hierárquica e que seja confiável, além disso, deve incluir critérios de diversos tipos de influência, porções interessadas e opções de decisão para afirmar a melhor escolha (Saaty, 1990).

De acordo com Godoi (2014), o AHP é construído com uma estrutura de árvore de decisão, tendo presente na estrutura os seguintes elementos:

- **Objetivo:** Configura a meta a ser alcançada.
- **Critérios:** Os parâmetros que contribuem na escolha, proporcionando a conquista do objetivo.
- **Alternativas:** São as possibilidades presentes que serão analisadas na procura da que atenda melhor o objetivo.

Figura 2 - Organização hierárquica



Fonte: Autoria própria, 2024.

Com o fim de selecionar fornecedores, o método de AHP é amplamente utilizado devido à sua capacidade de estruturar decisões complexas de forma hierárquica e multicritério. Isto é, ele permite que os gestores avaliem diferentes

fornecedores com base em múltiplos fatores. Segundo Saaty (1980) o AHP "permite que decisões complexas sejam tratadas de maneira sistemática e compreensível, oferecendo uma estrutura para a tomada de decisão racional". Esse método é especialmente eficaz para empresas que buscam alinhar suas escolhas de fornecedores com estratégias de longo prazo e de valor agregado.

2.5 MÉTODO TOPSIS

Lima Junior e Carpinetti (2015) destacam que Hwang e Yoon (1981) foram os pioneiros na proposta do método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), que tem sido amplamente utilizado para ranquear alternativas de acordo com a ordem de preferência.

Em suma, o preceito do TOPSIS, traduz-se na seleção de uma alternativa que seja o mais ideal e positiva ao mesmo tempo, que é o mais longínquo da solução negativa. Assim, no período de avaliação em relação aos critérios de decisão propostos, a solução ideal é obtida com os maiores valores atingidos pelas alternativas (Lima Junior; Carpinetti, 2015 apud Kahraman, 2008).

Ademais, segundo Reis e Teixeira (2015), o TOPSIS é um método que é seguida da aplicação em problemáticas do tipo MCDM, resulta em uma ordenação das alternativas presentes. Dessa forma, esta ordenação é fundamentada no conceito de que a melhor alternativa será aquela que demonstrar mínima desproporção com a solução ideal e máxima distinção com a solução anti-ideal. Portanto, o método busca conceber uma ordenação declinante dos coeficientes das distâncias calculadas, sendo descrito na literatura como proximidade relativa. Logo, a alternativa que demonstrar maior proximidade relativa, será a melhor escolha.

Em virtude da seleção de fornecedores em projetos de engenharia mecânica, o método TOPSIS é utilizado devido sua capacidade de identificar a melhor alternativa com base na proximidade em relação a solução ideal. Da mesma forma, no contexto de compras e logística, é possível avaliar diferentes fornecedores considerando múltiplos critérios. Afim de comparar as alternativas com uma solução ideal e uma solução negativa, dessa forma, classificando os fornecedores pela proximidade com a ideal. Além disso, Hwang e Yoon (1981), relatam que o TOPSIS "oferece uma abordagem prática e eficaz para ordenar alternativas, facilitando decisões objetivas em cenários multicritério". Por conseguinte, essa característica torna o método

especialmente útil para empresas que buscam balancear diferentes fatores de desempenho ao selecionar fornecedores.

2.6 COMBINAÇÃO ENTRE AHP E TOPSIS

A utilização de uma abordagem metodologia integrada entre os métodos AHP e TOPSIS segundo Salgado (2021) é bastante comum. Embora o TOPSIS se demonstre diferente de abordagens comparativas como o AHP, ele permite a utilização de uma quantidade ilimitada de critérios para avaliar um número igualmente ilimitado de alternativas afirma Lima e Carpinetti (2015).

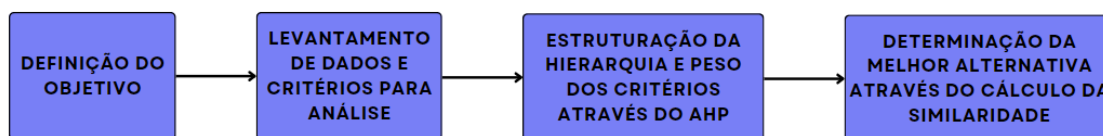
A fim de avaliar indicadores de desempenho de quatro empresas de aviação, Aydogan (2011) empregou o método AHP-TOPSIS. Para desenvolver o modelo de pontuação, o autor identificou cinco dimensões de desempenho empresarial — risco, qualidade, eficácia, eficiência e satisfação ocupacional — como critérios de avaliação das empresas. Ademais, as técnicas de conjuntos aproximativos e conjuntos fuzzy foram aplicadas para aumentar a robustez dos resultados obtidos.

Do mesmo modo, Emovon (2016) desenvolveu um método híbrido entre o AHP, TOPSIS e adicionou as técnicas Delphi, com o intuito de apoiar a decisão para elencar uma prioridade de estratégias para manutenção de navios. Primeiramente o método AHP e Delphi foram aplicados para selecionar os critérios e definir seus respectivos pesos, enquanto o TOPSIS foi utilizado para classificar as alternativas.

3 METODOLOGIA

No presente tópico, é desenvolvida a metodologia com a utilização dos métodos AHP e TOPSIS de maneira híbrida, ou seja, o AHP estabeleceu a hierarquia dos critérios, em seguida, o TOPSIS será aplicado para classificar os fornecedores de maneira a realizar uma seleção mais eficiente. Logo, a metodologia foi estruturada seguindo a linha de raciocínio apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do método desenvolvido



Fonte: Autoria própria, 2024.

Primeiramente é realizado a definição do objetivo, ou seja, a escolha do fornecedor para um projeto de engenharia mecânica, ou para uma indústria que busca ter um parceiro fixo para atender as suas demandas por insumos.

Em seguida, é realizado o levantamento de dados e critérios para análise, isto é, são definidos os critérios de análise de acordo com as necessidades da empresa, por exemplo, prazo de entrega, qualidade dos produtos e sustentabilidade, após isso, é coletado as informações dos fornecedores em relação aos critérios previamente definidos.

Após isso, inicia-se a estruturação da hierarquia e definição do peso dos critérios através do método AHP, isto é, os critérios previamente definidos serão classificados em níveis de importância e será definido o peso dessa importância.

Por fim, é realizada a determinação da melhor alternativa através do cálculo da similaridade, em outras palavras, o método TOPSIS, utilizando os critérios e os pesos determinados pelo AHP, realizará cálculos que, ao final, irão indicar o fornecedor mais eficiente.

3.1 MODELAGEM DA METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida, tem como base a tomada de decisão multicritério para a seleção de fornecedores para projetos de engenharia. Elencando os fornecedores em um ranking, ao qual, são avaliados de acordo com as prioridades da empresa que vai realizar a aquisição dos produtos ou serviços prestados pelos fornecedores.

3.2 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO

O foco é a seleção de fornecedores para projetos de engenharia que atendam da melhor maneira os objetivos determinados pela empresa.

3.3 DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os objetivos aqui abordados, são as áreas que os fornecedores serão avaliados, sendo eles: Custos, Qualidade, Prazo, Relacionamento e Sustentabilidade.

Tabela 1 - Critérios e seus apelidos

Descrição dos critérios	Apelido para os objetivos
Menor custo para compra dos insumos	Custos
Maior qualidade dos insumos	Qualidade
Menor prazo de entrega	Prazo
Flexibilidade do negociante	Relacionamento
Atendimento a legislação ambiental	Sustentabilidade

Fonte: Autoria Própria, 2024.

As propostas listadas anteriormente, são resultados de um estudo realizado por Macedo (2022), sendo assim, são utilizados como a base para a seleção dos fornecedores. No entanto, a empresa pode apresentar sua lista de objetivos para a análise. Após a definição concluída, é necessária uma descrição exata de cada objetivo, de forma que o responsável pela análise conceda corretamente a pontuação de cada fornecedor.

3.4 DESCRIÇÃO DOS FORNECEDORES

Já com os objetivos definidos e caracterizados, é realizado o levantamento dos fornecedores e seus dados, informando o nome da empresa, custo de aquisição do produto ou serviço e o prazo de entrega.

Tabela 2 - Fornecedores

Fornecedores	Custos	Prazo Mínimo	
A	R\$ 10.000,00	30	Dias
B	R\$ 30.000,00	22	Dias
C	R\$ 25.000,00	25	Dias
D	R\$ 40.000,00	15	Dias

Fonte: Autoria Própria, 2024.

3.5 PONTUAÇÃO DOS FORNECEDORES

Tendo os levantamentos realizados, é necessário a atribuição de uma pontuação para cada fornecedor, sendo que para as categorias de máximo (quanto maior o valor, melhor), 1 é a pior nota e 5 a melhor nota. Já para as categorias de mínimo (quanto menor o valor melhor), 1 é a melhor nota e 5 a pior nota.

Tabela 3 - Pontuação para os fornecedores

Fornecedores	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade
A	1	1	1	1
B	5	5	5	5
C	1	5	5	2
D	5	1	3	5

Fonte: Autoria Própria, 2024.

3.6 MÉTODO AHP

Logo após as pontuações dos fornecedores terem sido definidas, inicia-se o processo da definição dos níveis de importâncias para cada objetivo, de acordo com o que a empresa que realizara a aquisição dos produtos e/ou serviços tem como prioridade, seja por uma visão da empresa ou necessidade para um projeto específico.

O método AHP permite a ordenação dos objetivos em uma tabela e atribui pontos de acordo com seu nível de importâncias relacionando entre eles próprios, e ao final é gerado um resultado denominado de peso que indica o grau de importância.

A tabela utilizada é montada de modo que na célula que corresponde ao mesmo critério tanto na linha quanto na coluna representadas em laranja recebem o valor 1, nas células a direita representadas em azul serão inseridos os valores referentes a

intensidade de importância, já nas células a esquerda, representadas em verde são configuradas para ter o valor inverso ao seu similar do lado direito.

O peso é calculado fazendo a média da linha completa, onde cada célula tem seu valor dividido pelo total da sua coluna, repetindo para todas as células da linha. A equação do peso pode ser demonstrada da seguinte forma:

$$Peso = média\left(\frac{Valor\ da\ célula}{total\ da\ coluna\ 1}; \dots; \frac{Valor\ da\ célula}{total\ da\ coluna\ 5}\right) \quad (1)$$

A fórmula do peso é aplicada para cada linha completada de acordo com os critérios previamente definidos.

Tabela 4 - Método AHP

	Custos	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade	Total das linhas	Peso
Custos	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	11,00	27,81%
Qualidade	1,00	1,00	9,00	9,00	3,00	23,00	43,53%
Prazo	0,33	0,11	1,00	3,00	1,00	5,44	9,98%
Relacionamento	0,33	0,11	0,33	1,00	3,00	4,78	10,24%
Sustentabilidade	0,33	0,33	1,00	0,33	1,00	3,00	8,45%
Total das colunas	3,00	2,56	14,33	16,33	11,00		

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Os valores atribuídos aos objetivos são caracterizados por sua importância, tendo o método uma tabela definida por Saaty (1980), com as regras para a pontuação sendo a seguinte:

Tabela 5 - Numérica de Saaty

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação a outra
5	Essencial ou forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática
9	Absoluta importância	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é a mais alta ordem de afirmação
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos sucessivos	Quando se deseja um maior compromisso
Recíprocos dos valores acima	Se uma atividade i tem um dos valores não zero acima quando comparado com a atividade j, então j tem um valor recíproco quando comparado com i.	Uma designação razoável
Racionais	Razões surgidas da escala	Se a consistência foi forçada para obtenção de n valores numéricos para cobrir a matriz

Fonte: Saaty, 1980.

3.7 MÉTODO TOPSIS

Com as notas anteriormente atribuídas aos fornecedores e os pesos definidos pelo Método AHP, é montado uma tabela com as informações e feito o cálculo da normalização para os objetivos anteriormente descritos.

A Normalização é calculada fazendo a raiz da soma quadrada dos itens de todos os fornecedores, sendo um cálculo específico para cada objetivo listado anteriormente, podendo ser expressa na seguinte equação:

$$NORM_O = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2} \quad (2)$$

Onde, NORM é a constante de normalização; e O o objetivo.

Tabela 6 - Cálculo da Normalização

Fornecedores	Custos	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade
A	R\$ 10.000,00	1	1	1	1
B	R\$ 30.000,00	5	5	5	5
C	R\$ 25.000,00	1	5	5	2
D	R\$ 40.000,00	5	1	3	5
NORM	56789,08	7,21	7,21	7,75	7,42
PESO	28%	44%	10%	10%	8%
TIPO	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Com o resultado obtido, inicia-se o processo para calcular a similaridade, que representara qual dos fornecedores melhor atende aos objetivos escolhidos pela empresa contratante. Primeiramente é aplicado o valor da Normalização para cada item dos fornecedores, utilizando também dos pesos fornecidos pelo método AHP. Sendo calculado utilizando a seguinte equação:

$$Z_{F,O} = \frac{\text{Nota atribuida}}{NORM * PESO} \quad (3)$$

Sendo, Z o valor normalizado; F o fornecedor; e O o objetivo.

Após realizado os cálculos para todos os itens é feita uma análise do melhor resultado e do pior resultado obtido após a aplicação da normalização. Ambos os resultados são utilizados para encontrar a distância do melhor e do pior, sendo que o cálculo é realizado por fornecedor e não por objetivo, desta maneira, a fórmula utilizada toda a linha de objetivos aplicado para o fornecedor específico, podendo ser expressa da seguinte maneira:

$$DM_F = \sqrt{(O_{1,F} - M_F)^2 + (O_{2,F} - M_F)^2 + (O_{3,F} - M_F)^2 + (O_{4,F} - M_F)^2 + (O_{5,F} - M_F)^2} \quad (4)$$

Sendo, DM a distância do melhor; F o fornecedor; O é o objetivo; e M o valor do melhor.

$$DP_F = \sqrt{(O_{1,F} - P_F)^2 + (O_{2,F} - P_F)^2 + (O_{3,F} - P_F)^2 + (O_{4,F} - P_F)^2 + (O_{5,F} - P_F)^2} \quad (5)$$

Sendo, DM a distância do melhor; F o fornecedor; O é o objetivo; e P o valor do pior.

Tendo realizado os cálculos das distancias tanto do melhor quanto do pior, é realizado por fim, a similaridade, sendo a mesma um valor menor ou igual a 1. Assim, quanto mais próximo de 1 melhor é a avaliação do fornecedor em questão e maior será o ranking dele em comparação aos concorrentes.

O valor da similaridade é obtido a partir da divisão da distância do pior dividido por a distância do melhor mais a distância do pior, tendo a seguinte equação:

$$Similaridade = \frac{DP}{DM + DP} \quad (6)$$

No qual, DP é a distância do pior; e DM a distância do melhor.

Tabela 7 - Método TOPSIS

Fornecedores	Custos	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade	Distância do Melhor	Distância do Pior	Similaridade
A	0,05	0,06	0,01	0,01	0,01	0,2513259	0,156978	0,384463579
B	0,15	0,30	0,07	0,07	0,06	0,1124909	0,2560514	0,694768033
C	0,12	0,06	0,07	0,07	0,02	0,2606144	0,0912055	0,25923915
D	0,20	0,30	0,01	0,04	0,06	0,1492538	0,2532452	0,629182138
MELHOR	0,05	0,30	0,01	0,07	0,06	0,0000000	0,2963221	1
PIOR	0,20	0,06	0,07	0,01	0,01	0,2963221	0,0000000	0

Fonte: Autoria Própria, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 APLICAÇÃO DO MODELO EM UMA SIMULAÇÃO

Com o objetivo de testar o modelo desenvolvido e apresentar os resultados obtidos, foi simulado um cenário que uma empresa busca adquirir uma quantidade de 10 chapas de aço carbono 1020 para uso em uma Router CNC. As chapas a serem adquiridas possuem as dimensões de 50x50 cm e 2mm de espessura.

Foram selecionadas quatro ofertas para o produto a ser adquirido, assim, é inserido na tabela dos fornecedores os dados: Custo e Prazo de entrega para todas as ofertas selecionadas.

Tabela 8 - Fornecedores com dados da simulação

Fornecedores	Custos	Prazo Mínimo	
A	R\$ 2.180,00	10	Dias
B	R\$ 3.329,00	10	Dias
C	R\$ 2.568,00	10	Dias
D	R\$ 3.327,00	10	Dias

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Como afirma Saaty (1990), o método AHP necessita de uma organização de critérios elaborados de maneira hierárquica e que possua confiabilidade. Sendo assim, após os dados inseridos na tabela dos fornecedores, é necessário atribuir uma pontuação para que seja definido a ordem de hierarquias entre os critérios, como demonstrado anteriormente na metodologia. Tendo em vista que grande parte é

contatada de forma remota, para a simulação foi utilizada dos feedbacks de outros clientes para atribuição da pontuação, resultando da seguinte tabela.

Para a simulação, a Qualidade é a prioridade de maior peso, em seguida vem Custo, Prazo, Sustentabilidade e por último Relacionamento. Sendo assim, o primeiro objetivo possui maior prioridade e o último com menor prioridade respectivamente.

Tabela 9 - Pontuação dos fornecedores da simulação

Fornecedores	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade
A	3	2	2	3
B	1	2	4	3
C	2	2	3	3
D	2	2	3	3

Fonte: Autoria Própria, 2024.

A ordem hierárquica foi definida tendo em mente a citação de Salgado (2021), que relata que o método avalia a relativa importância dos critérios, compara as alternativas de fornecedores para cada critério e ao final determina o ranking.

Com a ordem de prioridades definida é necessário obter o peso de cada critério, com a utilização da tabela Numérica de Saaty (1980), apresentada na tabela 5, é então aplicada a intensidade de importância de cada critério.

Tabela 10 - AHP com pesos definidos para a simulação

Decisão:	OBTENÇÃO DE CHAPAS DE AÇO CARBONO 1020						
	Custos	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade	Total das linhas	Peso
Custos	1,00	1,00	5,00	7,00	6,00	20,00	36,17%
Qualidade	1,00	1,00	7,00	9,00	8,00	26,00	42,97%
Prazo	0,20	0,14	1,00	5,00	3,00	9,34	11,78%
Relacionamento	0,14	0,11	0,20	1,00	1,00	2,45	4,29%
Sustentabilidade	0,17	0,13	0,33	1,00	1,00	2,63	4,79%
Total das colunas	2,51	2,38	13,53	23,00	19,00		

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Com os pesos definidos utilizando o método AHP, agora é iniciado a utilização do método TOPSIS, sendo primeiro realizado o cálculo da normalização, empregando os dados das tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 11 - Cálculo da normalização da simulação

Fornecedores	Custos	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade
A	R\$ 2.180,00	3	2	2	3
B	R\$ 3.329,00	1	2	4	3
C	R\$ 2.568,00	2	2	3	3
D	R\$ 3.327,00	2	2	3	3
NORM	5787,76	4,24	4,00	6,16	6,00
PESO	36%	43%	12%	4%	5%
TIPO	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Segundo (Almeida, 2020), que afirma: “O método TOPSIS calcula o valor de uma alternativa em função de sua distância para dois pontos, o ponto ideal e o ponto não ideal”.

Sendo assim, o valor da normalização adquirido é aplicado na tabela do método TOPSIS, onde é calculado os valores normalizados para cada prioridade e em seguida é encontrado os valores da distância do melhor (distância do valor ideal), distância do Pior (distância do valor anti-ideal) e a similaridade, sendo a última o resultado que de acordo com (Almeida, 2020), o método calcula para demonstrar a melhor solução possível.

Tabela 12 - Método TOPSIS com dados da simulação

Fornecedores	Custos	Qualidade	Prazo	Relacionamento	Sustentabilidade	Distância do Melhor	Distância do Pior	Similaridade
A	0,14	0,30	0,06	0,01	0,02	0,0139199	0,2149059	0,939168221
B	0,21	0,10	0,06	0,03	0,02	0,2149059	0,0139199	0,060831779
C	0,16	0,20	0,06	0,02	0,02	0,1043723	0,1121037	0,517857483
D	0,21	0,20	0,06	0,02	0,02	0,1242713	0,1015169	0,449611232
MELHOR	0,14	0,30	0,06	0,03	0,02	0,0000000	0,2153562	1
PIOR	0,21	0,10	0,06	0,01	0,02	0,2153562	0,0000000	0

Fonte: Autoria Própria, 2024.

O fornecedor que obtiver o valor de similaridade mais próximo de 1 é aquele que melhor atende as demandas requeridas pela empresa. O resultado será apresentado em uma pequena tabela contendo uma identificação visual por cores e apresentando os valores obtidos.

Tabela 13 - Resultado dos fornecedores da simulação

Resultados	Fornecedores
0,939168221	A
0,060831779	B
0,517857483	C
0,449611232	D

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Ao analisar os resultados obtidos pelo modelo desenvolvido utilizando os dados simulados, observou-se que o Fornecedor A apresentou o melhor resultado para a hierarquia dos critérios definidas posteriormente e o Fornecedor B apresentou o pior resultado entre todas as alternativas tendo em vista que na simulação a prioridade era a qualidade acima dos demais critérios e o custo como segunda prioridade, sendo assim já era esperado o Fornecedor A como a melhor escolha para os dados utilizados, pois o mesmo apresentou o menor custo com a maior qualidade. Já entre os Fornecedores B e D que apresentam custos quase que idênticos, a qualidade se mostrou um fator decisivo, tornando o Fornecedor D uma escolha mais adequada.

A utilização da tabela numérica de Saaty (Tabela 5) se demonstrou como um recurso fundamental para uma correta atribuição das intensidades de importância no cálculo dos pesos, uma vez que permitiu a escolha das intensidades com base em conceitos já definidos por Saaty (1980). Dessa forma, reduziu-se a possibilidade de atribuições equivocadas decorrentes de percepções subjetivas por parte dos decisores. Segundo Picoloto (2020), decisões tomadas de forma empírica, sem a aplicação de modelos matemáticos, podem levar a erros de avaliação. Além disso, a aplicação do método AHP, com o suporte da tabela de Saaty, ajudou a evitar tais desvios, aumentando a robustez do processo decisório.

Os critérios escolhidos afim de demonstrar a funcionalidade da metodologia como custo, prazo, qualidade, relacionamento e sustentabilidade, deve ser analisada com cautela, pois embora esses fatores sejam amplamente aceitos como fundamentais no processo de escolha de fornecedores, eles podem não contemplar todas as variáveis necessárias para uma avaliação completa. Visto que, critérios como

inovação tecnológica, flexibilidade de adaptação às demandas, capacidade logística e segurança no cumprimento de regulamentações legais também podem ser cruciais, especialmente em mercados dinâmicos e em setores onde a competitividade exige mais do que a eficiência tradicional. Assim, é importante questionar se esses cinco critérios abrangem todas as necessidades estratégicas da empresa ou se outros fatores igualmente importantes estão sendo negligenciados.

4.2 CONCLUSÃO

A proposta deste artigo foi desenvolver um modelo multicritério de apoio à decisão para a seleção de fornecedores, utilizando os métodos AHP e TOPSIS, voltado para projetos de engenharia mecânica, originando-se na premissa de que a elevação da competitividade do mercado tem requerido tomadas de decisão cada vez mais criteriosas e parte do esforço voltado para a competitividade pode ser centrada na melhoria da eficiência das suas fontes de abastecimento.

O modelo desenvolvido oferece implicações práticas significativas para as empresas em termos econômicos, operacionais e sustentáveis. De maneira que, economicamente, ele permite uma alocação mais eficiente de recursos ao facilitar a escolha de fornecedores que maximizem o custo-benefício, considerando múltiplos critérios ponderados de forma sistemática. Por outro lado, operacionalmente, esse modelo otimiza a tomada de decisão, reduzindo incertezas e acelerando processos que envolvem múltiplos fatores, como qualidade, prazo e capacidade de entrega. Em virtude do aspecto de sustentabilidade, o método pode integrar critérios ambientais e sociais, auxiliando as empresas a tomarem decisões que alinham suas operações às práticas sustentáveis, contribuindo para a responsabilidade corporativa e a competitividade no longo prazo.

Além disso, o desenvolvimento da metodologia multicritério de apoio à decisão, alinhada aos objetivos de uma empresa, incorpora critérios qualitativos como qualidade, relacionamento e sustentabilidade. Esta última está diretamente relacionada à norma internacional ISO 14001, que possui grande relevância na área da engenharia mecânica. No entanto, conforme apontado por Macedo (2022), esses critérios ainda são pouco considerados nas decisões atuais.

Sendo assim, conclui-se que com a utilização do modelo de métodos multicritério de apoio à decisão em conjunto com uma ferramenta de planilhas

eletrônicas, é possível obter um direcionamento rápido e centrado nos objetivos desejados pela empresa, permitindo uma tomada de decisão mais assertiva.

Devido a possibilidade de automatização por meio de planilhas eletrônicas, é possível automatizar os cálculos e modificar os parâmetros como: objetivos e valores das prioridades. Sendo assim, uma vez configurada, o método pode ser definido de acordo com os desejos da empresa, permitindo uma agilidade na obtenção dos resultados e na tomada de decisão.

Contudo, apesar das suas vantagens, o modelo possui algumas limitações. De maneira que, uma das principais dificuldades é a subjetividade inerente ao processo de pontuação dos fornecedores em relação aos critérios no AHP, o que pode introduzir vieses na decisão final. Além disso, a aplicação do TOPSIS, embora eficiente, considera apenas a proximidade das alternativas da solução ideal, desconsiderando as inter-relações entre critérios e possíveis cenários de incerteza. Isso pode levar a decisões que não consideram adequadamente mudanças no ambiente econômico ou operacional.

Em suma, mesmo com as limitações citadas, o modelo oferece contribuições significativas para a área projetos de Engenharia Mecânica, ao facilitar a tomada de decisão em situações complexas e multicritérios. Teoricamente, a combinação desses métodos proporciona uma abordagem estruturada para hierarquizar e avaliar critérios técnicos e econômicos, como resistência dos materiais, eficiência energética e custo de produção, de forma ponderada e lógica. Na prática, ele possibilita a escolha mais assertiva entre diferentes soluções, otimizando aspectos como desempenho mecânico, sustentabilidade e viabilidade financeira. Essa abordagem auxilia engenheiros a tomar decisões robustas, equilibrando fatores como inovação, segurança e custo-benefício, além de acelerar o processo de avaliação e implementação em projetos industriais, de manufatura ou desenvolvimento de novos produtos.

Como sugestão para projetos futuros, propõe-se o desenvolvimento de um programa computacional dedicado para a utilização da metodologia desenvolvida, na busca por uma melhoria na automação e interatividade, para que o decisor tenha um ambiente facilitado de uso.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR ISO 9001:2015, Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos.
- KEENEY, Ralph L. Applying value-focused thinking. **Military Operations Research**, p. 7 17, 2008.
- AGUARÓN-JOVEN, Juan *et al.* A new synthesis procedure for TOPSIS based on AHP. **DYNA**, v. 82, n. 191, p. 11-19, 22 jun. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.51140>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- ALMEIDA, Pedro Resende et al. A IMPORTÂNCIA DO SRM E DA HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES PARA O DESEMPENHO DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE UMA EMPRESA ELETROELETRÔNICA THE IMPORTANCE OF SRM AND SUPPLIER QUALIFICATION FOR THE SUPPLY CHAIN PERFORMANCE OF AN ELECTRONICS COMPANY.
- ALMEIDA, T.A., Processo de Decisão nas Organizações-Construindo modelos de decisão multicritério, Atlas, São Paulo, 2013.
- AYDOGAN, E. Performance measurement model for Turkish aviation firms using the rough-AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, v.38, n. 4, p. 3992-3998, 2011.
- BELTON, Valerie; STEWART, Theodor. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Springer Science & Business Media, 2002.
- BUSTAMENTE, L. M. G.; DUARTE, R. N.; DE ALMEIDA, D. A Proposta de seleção de fornecedores para a indústria de autopeças baseado na aplicação do boc. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2010.
- CORAZZA, R. I.; FRACALANZA, P. S. **Caminhos do pensamento neo-schumpeteriano: para além das analogias biológicas**. Nova Economia, v. 14, n. 2, p. 127-155, Mai./Ago., 2004.
- DULMIN, R., MININNO, V., **Supplier selection using a multicriteria decision aid method**. *Journal of Purchasing and Supply Management* 9, 177–187. 2003.
- EMOVON, I. Ship System Maintenance Strategy Selection Based on DELPHI-AHP-TOPSIS Methodology. *World Journal of Engineering and Technology*, v. 4, n. 2, p. 252 260, 2016.
- GODOI, Wagner da Costa. Método de construção das matrizes de julgamento paritários no AHP–Método do julgamento holístico. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, n. 3, 2014.
- GRECO, Salvatore; FIGUEIRA, Jose; EHRGOTT, Matthias. **Multiple criteria decision analysis**. New York: springer, 2016.

HA, S. H.; KRISHNAN, R. **A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain**. Expert Systems with Applications, v. 34, p. 1303- 1311, 2008.

HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple attribute decision making: methods and applications. Berlin: Springer-Verlag, 1981. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>

HO, William; XU, Xiaowei; DEY, Prasanta K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 16-24, abr. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>. Acesso em: 20 mar. 2023.

TIDD, Joe; BESSANT, John R. **Managing innovation: integrating technological, market and organizational change**. John Wiley & Sons, 2020.

LIMA JUNIOR; CARPINETTI. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, p. 17-34, mar. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-530x1190>. Acesso em: 6 abr. 2023.

LONGARAY, A. A. *et al.* ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA SOBRE SELEÇÃO DE FORNECEDORES APOIADA EM MÉTODOS MULTICRITÉRIO. **Revista Gestão Inovação e Tecnologias**, v. 7, n. 3, p. 3970-3985, 28 set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7198/geintec.v7.i3.949>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MACEDO, Geovanna. **MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO COM APLICAÇÃO DO MÉTODO FITRADEOFF COMO APOIO À SELEÇÃO DE FORNECEDORES NO SETOR DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DE ENGENHARIA**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade de Caxias do Sul, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/50446>. Acesso em: 12 mar. 2023.

MARTINS, I. D.; MORAES, F. F.; TÁVORA, G.; SOARES, H. L. F.; INFANTE, C. E.; ARRUDA, E. F.; BAHIANSE, L.; CAPRACE, J.; LOURENÇO, M. I. A review of the multicriteria decision analysis applied to oil and gas decommissioning problems. **Ocean and Coastal Management**, v. 184, 2020.

PICOLOTO, DIEGO. **ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**. 2020. 62 p. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/24621>. Acesso em: 17 mar. 2023.

REIS, L.R.P.R; TEIXEIRA, A.T.A. MODELO MULTICRITÉRIO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES COM BASE NO MÉTODO TOPSIS COM NÚMEROS GREY. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, .47, Porto de galinhas, 25 a 28 ago. 2015. Anais... Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2015/pdf/142557.pdf>>.

SAATY, T. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. *The Analytic Hierarchy Process*. 1. ed. New York: McGraw-Hill International, 1980. v.1.

SALGADO, FELIPE AUGUSTO SOARES. **PROPOSTA DE MODELO PARA SELEÇÃO DE NAVIOS DE PESQUISA ANTÁRTICA POR MÉTODO AHP-TOPSIS E PLANEJAMENTO BASEADO POR CAPACIDADES**. p. 94. Trabalho de Conclusão de Curso — ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA CENTRO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO, Rio de Janeiro, 2021.

SLACK, Nigel; MIKE, Lewis. **Operations Strategy**. [S. l.]: Pearson Education, Limited, 2015. 478 p. ISBN 9781322663470.

SONMEZ, M. A Review and Critique of Supplier Selection Process and Practices. **Business School Occasional Papers Series**, Paper 2006:1, Loughborough University, 2006.