



## **APLICAÇÃO DE UM MODELO BASEADO NO MÉTODO TOPSIS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM UMA USINA SIDERÚRGICA**

### **APPLICATION OF A MODEL BASED ON THE TOPSIS METHOD FOR THE SELECTION OF SUPPLIERS IN A STEEL PLANT**

Bruno Vinícius Nunes Garcia

Maíra Abreu Patussi

Instituto Federal do Espírito Santo

E-mail: brunovngarcia@gmail.com / mairapatussigarcia@gmail.com

Tiago José Menezes Gonçalves

Instituto Federal do Espírito Santo

E-mail: tiago.goncalves@ifes.edu.br

**Resumo:** O processo de contratação de serviços é uma atividade crítica no gerenciamento da cadeia de suprimentos de uma usina siderúrgica. A seleção inadequada de fornecedores pode levar a problemas na qualidade dos serviços, aumento de custos e atrasos no cronograma de produção. Este artigo apresenta um estudo de caso da aplicação das ferramentas de apoio à decisão TOPSIS e Entropia de Shannon para selecionar fornecedores de serviço de manutenção e locação de ferramentas e geradores em uma usina de grande porte do mercado siderúrgico. A pesquisa visa equalizar critérios técnicos e comerciais no processo decisório, bem como verificar a aderência do método TOPSIS ao processo de contratação de serviços. Foram identificados os critérios relevantes para a seleção dos fornecedores e comparados com o método Cascata tradicionalmente aplicado nesta usina. Os resultados obtidos indicaram que a aplicação do método TOPSIS com Entropia de Shannon, é viável e eficaz para a seleção de fornecedores de serviços de manutenção e locação de ferramentas e geradores. Proporcionando uma melhora significativa na experiência do decisor, posto a análise de oito vezes mais critérios se comparados ao método tradicional. Assim sustentou a expectativa de qualidade adequada nos serviços contratados, alcançando redução de 18% do desembolso total estimado e maior argumentação para suporte a decisão.

**Palavras-chave:** Apoio Multicritério à Decisão; TOPSIS; Entropia de Shannon; Contratação de Serviços; Seleção de Fornecedores.

**Abstract:** The service procurement process is a critical activity in the supply chain management of a steel mill. Inappropriate supplier selection can lead to issues in service quality, cost escalation, and delays in production schedules. This article presents a case study on the application of decision support tools TOPSIS and Shannon Entropy to select maintenance and tool and generator rental service providers in a large-scale steel market plant. The research aims to balance technical and commercial criteria in the decision-making process and assess the applicability of the TOPSIS method in the service procurement process. Relevant criteria for supplier selection were identified and compared with the traditional Cascade method typically used in this plant. The results indicated that applying the TOPSIS method with Shannon Entropy is feasible and effective for selecting maintenance and tool and generator rental service providers. This approach significantly enhances decision-makers' experience by analyzing eight times more criteria compared to the traditional method. It supports the expectation of adequate service quality, resulting in an 18% reduction in the estimated total expenditure and providing stronger arguments for decision support.

**Keywords:** Multicriteria Decision Support; TOPSIS; Shannon Entropy; Service Hiring; Supplier Selection.



## 1 INTRODUÇÃO

A crescente competitividade leva as empresas a procurarem soluções que as ajudem a tomar decisões de forma mais eficiente. De acordo com Almeida (2013), a tomada de decisão é uma das tarefas mais importantes do alto escalão das organizações, gerando preocupação entre gerentes e executivos, uma vez que suas consequências podem afetar a competitividade das empresas e, portanto, sua existência. O processo de tomada de decisão no setor de suprimentos é crucial, e uma abordagem ineficiente pode ter graves consequências para o futuro da empresa.

A seleção de fornecedores é uma das decisões gerenciais mais relevantes, de acordo com Lima Junior (2013), pois afeta diretamente o desempenho das empresas, a qualidade dos produtos produzidos e outros fatores de produção, sendo uma das atividades mais preocupantes para a gestão de cadeias de suprimentos. Segundo Cheng, Lin e Huang (2006), ela é uma das atividades mais críticas para estabelecer uma cadeia de suprimentos efetiva, tendo impacto direto no desempenho das organizações, na qualidade dos produtos e no atendimento aos requisitos dos clientes finais (GONZÁLEZ *et al.*, 2004; WANG, 2010).

Essa seleção é complexa e depende de diversos fatores, sendo frequentemente tratado na literatura científica como um problema de decisão que envolve a consideração de vários critérios de avaliação para julgar as possíveis empresas fornecedoras. A complexidade do processo está contida na própria essência do processo de seleção que envolve vários critérios quantitativos e qualitativos (AGAKISHIYEV, 2016), como experiência, capacidade técnica, preço, risco financeiro entre outros. Além disso, a natureza subjetiva dos critérios de seleção e a importância relativa desses critérios no processo de tomada de decisão tornam o processo ainda mais complicado (DE BOER, PIERANGELA E MORLACCHI, 2001; KRISHNAN, 2008; WANG, 2010). Um dos principais problemas na contratação de serviços é a seleção de fornecedores, ou seja, encontrar o melhor fornecedor entre várias alternativas de acordo com vários critérios, como custo, serviço, risco e outros (WU e BARNES, 2011). E essas decisões geralmente não são simples, principalmente pelo fato de ser necessário considerar vários critérios simultaneamente no processo de tomada de decisão (CHOY, 2002).

Para garantir um bom desempenho na seleção de fornecedores, é essencial que essa atividade seja guiada por um processo estruturado que permita ao gestor ter uma visão mais clara do problema, compreendendo os fatores que o influenciam e os critérios associados ao fornecedor ideal ou ao produto desejado. Portanto, a seleção de fornecedores tem sido tratada como um problema de decisão multicritério, no qual os requisitos da organização compradora são transformados em critérios para avaliar as opções de fornecimento (LIMA JUNIOR *et al.*, 2012). Dada a complexidade da



decisão de seleção de fornecedores, vários modelos teóricos de trabalho têm sido propostos, onde alguns destes utilizam métodos de apoio à decisão multicritério (DAHER; ALMEIDA, 2010; VIANA; ALENCAR, 2012).

Para lidar com tal problema, métodos de decisão multicritério (MCDM, do inglês *Multi Criteria Decision Making Methods*) ou ainda métodos estatísticos, programação matemática e de inteligência artificial (IA) vêm sendo explorados (HA; KRISHNAN, 2008; HO; XU; DEY, 2010). Esses modelos buscam englobar o máximo de critérios possíveis e auxiliar a diminuir a subjetividade inerente a decisão (DAHER; ALMEIDA, 2010).

O método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) é um dos métodos multicritério e tem sido amplamente utilizado em diversos campos, incluindo a área de suprimentos. Segundo Hwang e Yoon (1981), o TOPSIS consiste em avaliar cada alternativa em relação a um conjunto de critérios, identificando a distância entre cada alternativa e o ideal positivo (que maximiza os critérios) e o ideal negativo (que minimiza os critérios). A alternativa que apresentar a menor distância para o ideal positivo e a maior distância para o ideal negativo é a escolhida como a melhor alternativa.

Outro método que tem se mostrado útil na área de suprimentos é a Entropia de Shannon, que tem como objetivo calcular a entropia de cada critério e, com isso, determinar a importância de cada um na escolha da melhor alternativa. Segundo Wu *et al.* (2017), a Entropia de Shannon é capaz de lidar com critérios de diferentes escalas e unidades de medida, o que é comum na área de suprimentos.

Nesse sentido, este trabalho busca responder à seguinte questão: **Como equiparar critérios técnicos e comerciais, através de métodos multicritérios, para a seleção de fornecedores em uma Usina Siderúrgica?**

Um dos objetivos com a proposição deste modelo é reduzir a subjetividade inerente ao processo de seleção de fornecedores, por meio da aplicação prática de métodos multicritérios, como o TOPSIS, contribuindo assim para a ampliação da literatura relacionada à seleção de fornecedores e métodos multicritérios para tomada de decisão.

Justifica-se ainda, por existir uma demanda crescente no mercado por processos de seleção de fornecedores que considerem diversos atributos tanto quantitativos quanto qualitativos, requerendo mais esforços para combinar esses fatores de forma racional e sistemática (SONMEZ, 2006), e ainda pela utilização de uma abordagem científica baseada em uma avaliação multicritério irá fornecer à empresa informações que auxiliam o gestor na identificação dos fornecedores que atendem, da melhor forma, os critérios considerados mais relevantes para a empresa.



Este trabalho segue a seguinte estrutura: na seção 2, apresentamos o referencial teórico, que aborda os temas de seleção de fornecedores e métodos multicritério à decisão; a seção 3 aborda o processo metodológico, incluindo seu enquadramento e sustentação acadêmica de pesquisa; na seção 4, discutimos os resultados, detalhando o objeto de estudo e seu desenvolvimento; por fim, a seção 5 oferece uma conclusão que inclui uma análise comparativa em relação ao modelo tradicionalmente utilizado.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Seleção de fornecedores**

A seleção de fornecedores é uma atividade importante para a gestão de cadeias de suprimentos e pode afetar diretamente o desempenho da empresa e a qualidade dos produtos gerados. Viana e Alencar (2012) destacam que essa atividade surge a partir da decisão gerencial de subcontratar fornecimentos ou serviços necessários para a operação da empresa. Além disso, o processo de seleção de fornecedores é considerado crítico porque influencia diretamente os custos de produção e o tempo de entrega ao consumidor (LIMA JUNIOR *et al.*, 2012). Em suma, é fundamental que as empresas realizem uma seleção cuidadosa de seus fornecedores para garantir a qualidade e eficiência de suas operações e produtos.

Em toda a cadeia produtiva, esse processo tem se tornado cada vez mais complexo e crucial devido às configurações dos sistemas emergentes. Estudos realizados por De Boer, Weger e Telgen em 1998, De Boer, Pierangela e Morlacchi em 2001, Pidduck em 2006 e Castro, Gomez e Franco em 2009, destacam que essa complexidade exige uma análise minuciosa dos fornecedores, visando garantir a qualidade dos produtos e serviços adquiridos, a satisfação dos clientes e a eficiência dos processos produtivos.

Para muitas organizações, a seleção de fornecedores é vista como uma atividade essencial, já que pode gerar vantagens significativas quando realizada de maneira correta, mas também pode resultar em prejuízos financeiros e operacionais quando feita de maneira inadequada (RODRIGUEZ *et al.*, 2017). O alto valor dos bens adquiridos pelas empresas, a importação de produtos a preços competitivos, e a crescente mudança de tecnologia, seguida da redução do ciclo de vida dos produtos, colaboram para a relevância da seleção de fornecedores (ENSSLIN *et al.*, 2013). Portanto, é importante que as empresas adotem uma abordagem cuidadosa e criteriosa para selecionar seus fornecedores, a fim de minimizar riscos e maximizar benefícios.



Para Alencar *et al.* (2007) a negociação é comum nas empresas privadas e acontece de forma personalizada. Essas empresas adotam o processo mais adequado à sua realidade. Em alguns casos, esse processo se dá de forma desestruturada e, na maioria das vezes, é fundamentado na proposta de menor preço, podendo gerar diversos problemas ao longo do projeto. No entanto, alguns autores defendem que existem várias formas de estruturar esse processo de seleção de fornecedores, e alguns deles optam por dividi-lo em quatro etapas distintas (PRESOTO, 2012; VIANA e ALENCAR, 2012; LIMA JUNIOR *et al.*, 2013; MENDES, 2013). Essas etapas são amplamente reconhecidas e compreendem: a definição do problema, a formulação dos critérios, a qualificação dos fornecedores e a escolha final. Essa estrutura ajuda as empresas a seguir um processo ordenado e sistemático para selecionar fornecedores confiáveis e capazes de atender às necessidades de seus negócios.

De acordo com Aissaoui, Haouari e Hassin (2007), a primeira etapa do processo de seleção de fornecedores envolve uma reflexão sobre os objetivos que se pretende alcançar com esse procedimento. Algumas empresas buscam estabelecer relacionamentos próximos com seus fornecedores, desenvolvendo parcerias estratégicas que possam prepará-las para lidar com diferentes situações e tomar decisões mais assertivas. Consequente, Cheaitou, Larbi e Al Housani (2018) destacam a importância de definir critérios de decisão claros e precisos que reflitam os requisitos da empresa contratante. No entanto, converter necessidades em critérios utilizáveis pode ser um desafio, uma vez que elas muitas vezes são expressas em conceitos qualitativos e cada situação requer uma análise cuidadosa e a assimilação de critérios específicos que representem a estratégia do cliente em relação ao fornecedor.

Já a terceira etapa segundo Lima e Carpinetti (2015), consiste em qualificar o conjunto inicial de potenciais fornecedores, de forma a possibilitar uma avaliação mais detalhada na fase final de escolha. Esse processo de filtragem pode envolver uma ou mais etapas, nas quais métodos de eliminação podem ser aplicados caso alguma opção não atenda aos requisitos de seleção. De Boer, Labro e Morlacchi (2001) afirmam que a etapa final do processo de seleção consiste em ordenar os fornecedores qualificados, tendo em vista a seleção de uma ou mais empresas, dependendo dos objetivos do processo. Caso mais de um fornecedor seja selecionado, a alocação de pedidos entre eles também deve ser considerada, incluindo a possibilidade de alocar um fornecedor para um grupo de itens de uma só vez.

Portanto antes de iniciar o processo de seleção de fornecedores, é importante realizar uma análise de contexto para avaliar questões como o tamanho da base de fornecedores disponíveis (fonte única ou múltipla), o tipo de relação desejada com os fornecedores (transações comerciais comuns ou parcerias estratégicas) e a situação





específica da aquisição em questão (primeira compra, recompra, recompra para produtos diferenciados). Somente assim será possível definir com clareza os critérios e métodos mais adequados para a seleção dos fornecedores mais qualificados para atender às necessidades da empresa (VIANA e ALENCAR, 2012).

Segundo Furtado (2005), em geral, a seleção de fornecedores é um processo que, ao considerar critérios adequados de avaliação, pode resultar na introdução de fornecedores "compatíveis com as expectativas geradas pelas estratégias de suprimentos que ambas as partes desejam construir". Isso implica que a seleção de fornecedores pode ser um fator importante na construção de parcerias estratégicas e na garantia de que as necessidades de suprimento da empresa sejam atendidas de forma satisfatória.

Para Lima Junior *et al.* (2013), a natureza subjetiva de alguns critérios e a sua importância na avaliação podem tornar a tomada de decisão no processo de seleção de fornecedores mais complicada. Embora não exista um conjunto de critérios ideal para a seleção de fornecedores, é possível identificar critérios comumente utilizados nesse processo. Os principais critérios encontrados na literatura para a seleção de fornecedores são preço, qualidade, entrega e serviço (FURTADO, 2005). Bastos *et al.* (2011) destacam que, além desses, outros critérios como pontualidade, flexibilidade, idoneidade, inovação, capacidade administrativa e financeira, referência de terceiros e sistema de qualidade também são consideradas de grande importância nesse processo. Contudo, é importante destacar que a literatura pode apresentar diversos resultados para esse tipo de pesquisa, uma vez que não existe uma resposta única ou exata para a seleção de fornecedores, podendo variar de acordo com as necessidades específicas de cada empresa e contexto.

A busca por técnicas que possam equilibrar e abranger diversos aspectos em um conjunto de alternativas tem sido cada vez mais intensa nesse contexto. Conforme apontado por Almeida (2011), a avaliação e seleção de fornecedores envolvem múltiplas variáveis que transformam o processo em um problema de decisão multicritério. A utilização de métodos multicritério pode ser uma forma de auxiliar na seleção de fornecedores, tornando o processo mais objetivo e transparente. Posto contrário, a falta de métodos limita a decisão a expertise do decisor, potencializando a subjetividade da decisão fundamentado no apontamento equivocado sobre o descuido ou conflito de interesses do decisor. Dessa forma, a próxima seção desta pesquisa irá explorar mais a fundo as abordagens de decisão multicritério escolhidas para este estudo.



## 2.2. Métodos Multicritério à Decisão

Com o intuito de facilitar e tornar mais eficiente o processo de tomada de decisão, surgiram modelos de ponderação e métodos refinados baseados em programação matemática e métodos de apoio multicritério (VIANA; ALENCAR, 2009).

As técnicas de avaliação multicritério surgiram nas décadas de 70 e 80, substituindo os modelos ortodoxos de pesquisa operacional que foram desenvolvidos durante a 2ª Guerra Mundial para resolver problemas logístico-militares complexos. Tais modelos foram criados para solucionar problemas gerenciais difíceis (FREITAS *et al.*, 2006).

Os métodos multicritérios de tomada de decisão (MCDA do inglês *Multi-Criteria Decision Analysis*) são ferramentas matemáticas eficazes para resolver problemas em que há critérios conflitantes e foram desenvolvidos para auxiliar na tomada de decisões (ALMEIDA, 2013). Esses métodos são úteis para apoiar a decisão em problemas que envolvem muitos critérios a serem considerados na análise.

De acordo com Malczewski (2006), os métodos MCDA são capazes de lidar com a subjetividade do processo decisório, tornando-o mais transparente e objetivando o processo de tomada de decisão.

A abordagem de análise da decisão multicritério é uma extensão da programação linear que leva em consideração a otimização (maximização ou minimização) de múltiplos objetivos conflitantes, de acordo com Romero (1993). Uma das principais características dessas análises é que, geralmente, não há uma única solução que maximize simultaneamente todos os critérios considerados. Em vez disso, existem várias soluções ótimas, algumas das quais satisfazem alguns critérios, mas têm um desempenho ruim em outros, conforme observado por Cordeiro (2010).

De acordo com De Boer, Weger e Telgen (1998), os métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) podem contribuir para a eficiência da tomada de decisão ao justificar os processos de decisão, permitir o processamento mais rápido e automatizado dos dados, bem como o armazenamento dos processos de decisão para acesso futuro. Esses métodos são particularmente importantes em organizações, pois auxiliam os gestores em situações de incerteza, complexidade e objetivos conflitantes, conforme ressaltado por Wang (2010).

A literatura identifica vários métodos MCDA que podem ser usados em modelos simples ou combinados, incluindo o Método Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process* - AHP) (SAATY, 1980), o Método Analítico de Redes (*Analytic Network Process* - ANP) (SAATY, 1996), vários métodos de programação matemática, além de abordagens baseadas em técnicas computacionais e de IA, como Fuzzy (ZADEH, 1965), Redes Neurais Artificiais (RNA), Algoritmo Genético (HOLLAND, 1992) e várias



outros métodos que são resultado da combinação de dois ou mais (HO *et al.*, 2010; MUKHERJEE, 2016). Em geral, esses métodos diferem em suas limitações.

A escolha de um método para a resolução do problema apresentado, não é uma tarefa trivial devido ao vasto universo de métodos disponíveis (MUKHERJEE, 2016), mas neste estudo aplicamos o TOPSIS com Entropia de Shannon, em função de sua simplicidade relativa a outros MCDA, sem a exigência de ferramentas específicas ou limitação de critérios e alternativas para o desenvolvimento em escala.

A utilização de métodos multicritério para a tomada de decisão é uma abordagem amplamente aceita em vários campos, incluindo engenharia, gestão, economia e ciências sociais (BOER, WEGER E TELGEN, 1998). Entre os diversos métodos multicritério disponíveis, o método TOPSIS é amplamente utilizado devido à sua simplicidade e eficiência. Ele se baseia na determinação da distância entre as alternativas e o perfil ideal e anti-ideal. A Entropia de Shannon é um método que permite medir o grau de importância de uma informação contida em um conjunto de dados.

### **2.3. Método TOPSIS e Entropia de Shannon**

O método TOPSIS ou Técnica de Ordenação de Preferências por Similaridade com a Ideal Solução foi desenvolvido por Hwang e Yoon em 1981 é um método multicritério que tem sido amplamente utilizado em diversos campos, incluindo a área de suprimentos. É um método que vem sendo bastante utilizado para ordenar preferências, por meio da avaliação do desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal (HEIN *et al.*, 2015; KROHLING; SOUZA, 2011; LIMA JÚNIOR; CARPINETTI, 2015).

Segundo Hwang e Yoon (1981), o TOPSIS consiste em avaliar cada alternativa em relação a um conjunto de critérios, identificando a distância entre cada alternativa e o ideal positivo (que maximiza os critérios) e o ideal negativo (que minimiza os critérios). A alternativa que apresentar a menor distância para o ideal positivo e a maior distância para o ideal negativo é a escolhida como a melhor alternativa. O método, objetiva gerar uma ordenação decrescente dos coeficientes das distâncias calculadas. Este coeficiente é conhecido na literatura como proximidade relativa. Sendo assim, aquela alternativa que apresentar maior proximidade relativa (RC), será classificada na primeira posição do *ranking*.

Nesse método é necessário quantificar a importância relativa dos critérios, apesar de não ser necessário nenhum método específico para determinação dos pesos, neste estudo utilizamos a Entropia de Shannon que é uma medida de incerteza que tem sido utilizada em métodos multicritério à decisão para calcular a entropia de cada critério e, com isso, determinar a importância de cada um na escolha da melhor





alternativa. Segundo Wu *et al.* (2017), a Entropia de Shannon é capaz de lidar com critérios com diferentes escalas e unidades de medida, o que é comum na área de suprimentos.

A aplicação do método TOPSIS como demonstrado por Costa e Duarte (2013) pode ser descrito como uma série de sucessivas etapas. Segundo Chen *et al.* (2011), a primeira etapa é a estruturação da Matriz de Decisão onde monta-se de forma inicial uma matriz de decisão “m x n”, onde “m” são as alternativas e “n” os critérios pré-definidos.

Na segunda etapa ocorre a transformação das variáveis qualitativas em quantitativas: Quando da existência de critérios com entrada de dados qualitativos deve ser feita a transformação equivalente destes em quantitativos por meio da metodologia escolhida pelo decisor.

Na terceira etapa os dados são normalizados, onde em função de sua capacidade de escala quando aplicada a sistemas computacionais menos complexos, foi utilizado a Normalização Linear Max-Min calculada pelas equações 1 e 2. Em seguida é aplicada a Entropia de Shannon representada pela equação 3, para através do grau de importância definir o peso de cada critério.

Normalização Linear Max-Min:

Maximização:

$$o_{ij} = \frac{d_{ij} - \min(d_j)}{\max(d_j) - \min(d_j)} \quad (1)$$

Minimização:

$$o_{ij} = \frac{\max(d_j) - d_{ij}}{\max(d_j) - \min(d_j)} \quad (2)$$

Onde:

- $d_{ij}$  = desempenho de uma alternativa i no critério j;
- $\min(d_j)$  = menor desempenho no critério j;
- $\max(d_j)$  = maior desempenho no critério j;
- $O_{ij}$  = valor que compõe a Matriz de Decisão Normalizada  $N = (O_{ij})_{m \times n}$ .

Entropia de Shannon:

(3)



$$h_j = \frac{\sum_{i=1}^m [r_{ij} \times \ln(r_{ij})]}{\ln(m)}$$

Onde:

- $r_{ij}$  = valor que compõe a Matriz de Decisão Renormalizada  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ .
- $m$  = número de alternativas na matriz de decisão.
- $h_j$  = índice de entropia do  $j$ -ésimo critério.

Conforme Lotfi e Fallahnejad (2010), se  $r_{ij} = 0$ , então  $r_{ij} \times \ln(r_{ij})$  é definido como zero (0).

Em seguida na quarta etapa efetuou-se o cálculo da matriz normalizada com o objetivo de eliminar anomalias relacionadas a diferentes escalas e unidades de medida. Segundo Miranda (2008), é possível normalizar a matriz de decisão de várias formas, sendo que neste trabalho será utilizada a normalização vetorial clássica proposta no artigo seminal de Hwang e Yoon (1981), cujo cálculo é realizado pela Equação 4.

$$s_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m p_{ij}^2}} \quad (4)$$

A próxima etapa, conforme Sayareh e Lzimini (2014) é a ponderação dos critérios, obtendo-se assim, a Matriz de Decisão Normalizada Ponderada  $V = (v_{ij})_{m \times n}$  com o uso da Equação 5.

$$v_{ij} = w_j \times s_{ij} \quad (5)$$

Onder e Dag (2013) descrevem a quinta etapa como aquela em que são obtidas a Solução Ideal Positiva (V+) e a Solução Ideal Negativa (V-). Para obter V+ escolhem-se os melhores valores em cada critério da matriz de decisão normalizada ponderada, e para V-, os piores valores (KROHLING; SOUZA, 2011). Este procedimento é representado matematicamente pelas Equações 6 e 7.

$$V^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} = \{\max_i (v_{ij}) \mid 1 \leq j \leq n\} \quad (6)$$

$$V^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \{\min_i (v_{ij}) \mid 1 \leq j \leq n\} \quad (7)$$



De acordo com Yadav, Joseph e Jigeesh (2018), na quinta etapa são calculadas as distâncias euclidianas  $E_i^+$  e  $E_i^-$  de cada alternativa em relação às soluções  $V^+$  e  $V^-$  respectivamente, realizado através das Equações 8 e 9.

$$E_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

$$E_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

Shukla *et al.* (2017) afirmam que na sexta etapa é preciso calcular o Coeficiente de Proximidade Relativa  $C_i$  de cada alternativa, com base na Equação 10.

$$C_i = \frac{E_i^-}{E_i^- + E_i^+}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

Yoon e Wang (1995) e Chen e Wang (1992) declaram que as alternativas envolvidas no processo decisório são ordenadas com base nos Coeficientes de Proximidade Relativa, de forma decrescente, onde o primeiro lugar detém o maior valor do coeficiente  $C_i$  e o último colocado na ordenação tem o menor valor deste coeficiente.

## 2.4. Estudos Correlatos

Segundo Kitchenham e Charters (2007), a menos que uma revisão da literatura seja completa e justa, é de pouco valor científico, o que justifica também a necessidade de realizar revisões da literatura de forma sistematizada

Portanto utilizando-se o Methodi Ordinatio detalhado na seção da metodologia, foram localizados seis estudos que utilizaram o método TOPSIS em processos de seleção de fornecedores em diferentes áreas de aplicação, e ainda foi adicionado mais um artigo que foi julgado pertinente para esta composição de revisão das literaturas. As informações detalhadas sobre cada um dos artigos estão apresentadas no quadro a seguir:

Título do Trabalho	Autor e Ano	Descrição do Trabalho
"Usability and accessibility-based quality evaluation of Indian airline websites: An MCDM approach"	Agrawal G; Dumka A; Singh M (2022)	Este trabalho avaliou a qualidade dos websites de companhias aéreas indianas com base em critérios de usabilidade e acessibilidade. Os autores concluíram que esses critérios são cruciais



		para aprimorar a qualidade desses websites. Eles também propuseram um modelo que pode ser adotado pelas empresas aéreas indianas para melhorar seus websites.
"The Effect of Digital Game-Based Learning on Learning Motivation and Performance Under Social Cognitive Theory and Entrepreneurial Thinking"	Chen C (2021)	Neste estudo, Chen propôs uma abordagem híbrida para selecionar fornecedores de materiais de construção. A abordagem combina os métodos ANP (Analytic Network Process), Entropy e TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). Esta abordagem visa auxiliar as empresas de construção na escolha dos melhores fornecedores de materiais.
"A supplier selection model in pharmaceutical supply chain using PCA, Z-TOPSIS and MILP: A case study"	Forghani A; Sadjadi S; Farhang MB (2017)	Os autores deste trabalho focaram na otimização da cadeia de suprimentos na indústria farmacêutica. Eles utilizaram os métodos PCA (Principal Component Analysis), Z-TOPSIS, e MILP (Mixed Integer Linear Programming) para selecionar fornecedores. A abordagem proposta visa melhorar a eficiência da cadeia de suprimentos nas empresas farmacêuticas.
"A Glimpse of the First Eight Months of the COVID-19 Literature on Microsoft Academic Graph: Themes, Citation Contexts, and Uncertainties"	Chen C (2020)	Neste estudo, Chen desenvolveu uma abordagem que combina os métodos Entropy, AHP (Analytic Hierarchy Process) ponderado e TOPSIS para a seleção de fornecedores de materiais de construção. A metodologia proposta busca auxiliar as empresas da indústria da construção na seleção eficiente de seus fornecedores.
"Modeling the logistics outsourcing relationship variables to enhance shippers'	M.N. Qureshi, Dinesh Kumar, Pradeep Kumar (2007)	Este trabalho concentrou-se na seleção de provedores de serviços de logística de terceirização (3PL). Os autores empregaram o método TOPSIS com dados



productivity and competitiveness in logistical supply chain"		intervalares para escolher os melhores provedores de serviços 3PL. Essa abordagem tem o objetivo de ajudar as empresas a fazer escolhas mais eficazes na terceirização de serviços logísticos.
"A state-of-the-art survey of TOPSIS applications" "A state-of-the-art survey of TOPSIS applications"	M. Behzadian, S. Khanmohammadi Otghsara, M. Yazdani, J. Ignatius (2012)	Este estudo realizou um levantamento abrangente das aplicações do método TOPSIS em diversas áreas, incluindo finanças, saúde, transporte e outras. Os autores destacaram a versatilidade do método TOPSIS como uma ferramenta valiosa em processos de tomada de decisão em várias disciplinas.

### 3 PROCESSOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. Enquadramento Metodológico

Esta pesquisa classifica-se como sendo uma pesquisa de campo realizada por meio de um estudo de caso. Em relação a abordagem do problema, configura-se como qualitativa e quantitativa.

Este estudo apresenta um enquadramento metodológico exploratório, cujo objetivo, segundo Chaves *et al.* (2013), é gerar conhecimento sobre o contexto, já que há pouco conhecimento prévio sobre o tema investigado. Esse tipo de pesquisa permite obter informações mais detalhadas sobre o objeto de estudo e orientar a formulação de hipóteses e modelos, o que leva a uma maior compreensão do problema em questão.

Quanto à natureza do artigo, trata-se de um trabalho prático que se materializa por meio de uma pesquisa-ação em um contexto específico, onde o pesquisador está diretamente envolvido no processo de tomada de decisão.

A pesquisa segue uma lógica dedutiva, partindo de uma questão generalizada e restringindo-se para este estudo específico. Os dados foram coletados diretamente do contexto da pesquisa, sendo considerados dados primários.

No que se refere à abordagem do problema, a pesquisa foi classificada como qualitativa-quantitativa. A etapa qualitativa considerou as particularidades dos entrevistados, realizando uma análise não mensurável para estruturar o problema e





sugerir melhorias. A etapa quantitativa diz respeito à elaboração dos modelos, seleção de critérios e desenvolvimento do método.

Finalmente, quanto aos resultados desta pesquisa, trata-se de uma pesquisa aplicada, que se concentra na solução de problemas específicos por meio de uma aplicação prática, utilizando uma pesquisa experimental.

### **3.2. Revisão da Literatura**

O desenvolvimento da revisão de literatura baseou-se no *Methodi Ordinatio* (PAGANI, KOVALESKI E RESENDE, 2015), que possui três fatores mais relevantes para seleção de trabalhos científicos: número de citações, demonstrando o reconhecimento da comunidade científica em relação à importância da pesquisa; fator de impacto, que revela a importância do jornal onde o artigo foi publicado; ano de publicação, que revela a atualidade do artigo.

A "*Methodi Ordinatio*" é uma metodologia de pesquisa desenvolvida por Pagani, Kovaleski e Resende (2015) que tem como objetivo principal auxiliar pesquisadores na condução de estudos científicos de forma sistemática e rigorosa. Segundo os autores, a *Methodi Ordinatio* "é uma metodologia para organização, planejamento e execução de uma revisão sistemática e metanálise" (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015, p. 1). Essa metodologia foi criada com base em outras metodologias já existentes, como a *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, e busca fornecer um guia claro e completo para condução de revisões sistemáticas. A metodologia consiste em nove etapas, que vão desde a formulação da pergunta de pesquisa até a interpretação e apresentação dos resultados. Cada etapa é detalhada pelos autores e inclui instruções claras e exemplos práticos para auxiliar o pesquisador no processo.

Na primeira a definição da intenção de pesquisa, foi realizada a revisão da literatura a partir de artigos científicos sobre o tema de seleção de fornecedores com o método TOPSIS. Já na segunda etapa, foi realizada uma pesquisa preliminar com as seguintes palavras-chave nas bases de dados *Web of Science*, *Science Direct*, *Scopus*, *Springer* e *Scielo*: "topsis", "supply"; "contract"; "service"; "industrial"; "supplies"; "Contractor" no arranjo "((supply) OR (supplies) OR (contract) OR (contractor)) AND ((service) OR (services)) AND (topsis)".

A terceira etapa definiu as combinações das palavras-chave, base de dados e limite temporal ao qual foi definido a busca limitada nos últimos 15 anos (artigos a partir de 2007).

Na quarta etapa, foi realizada uma busca definitiva nas bases de dados com o auxílio do software Mendeley. Na quinta etapa, foi realizada a filtragem dos trabalhos encontrados. Na sexta etapa, foram realizadas as identificações do fator de impacto e



número de citações. A sétima etapa ordenou os artigos restantes por meio da equação  $\ln(\text{Ordinatio})$ . A oitava etapa destinou-se a localizar os trabalhos em formato integral, e a última etapa consistiu na leitura sistemática e análise dos artigos encontrados, resultando na seleção de seis artigos que estão apresentados na seção 1.4.

## 4 Resultados

### 4.1. Objeto de Estudo

Esse estudo foi realizado em uma usina siderúrgica situada no estado do Espírito Santo, no setor de contratação de serviços na diretoria de suprimentos, que tradicionalmente utiliza em seu processo de seleção de fornecedores o modelo Cascata (do inglês *Waterfall Model*). O qual segundo Rivas (2020) este modelo baseia-se na sequência de atividades padronizadas, cujos resultados individuais são utilizados como pré-requisito para a atividade subsequente.

O modelo Cascata tradicionalmente aplicado, seleciona fornecedores por meio de um funil em três etapas, onde o fornecedor só avança para a próxima etapa se for aprovado na etapa atual. Na primeira é feita uma pré-seleção de fornecedores, considerando o histórico de atendimento e mitigando riscos mercadológicos como por exemplo a saúde financeira e conflitos de interesse do proponente. Na segunda etapa, são avaliadas as propostas técnicas após todos os alinhamentos técnicos necessários. Na terceira e última etapa, são avaliadas as propostas comerciais junto ao alinhamento jurídico das minutas contratuais, onde são selecionados os fornecedores com a melhor condição comercial.

O estudo foi feito com três fornecedores, no qual chamaremos Fornecedor A1, Fornecedor B2 e Fornecedor C3 para a preservação de suas identidades. O processo utilizando a metodologia TOPSIS ponderada pela Entropia de Shannon foi na contratação do serviço de manutenção e locação de ferramentas e geradores para atender esta usina.

### 4.2. Modelo Proposto

O modelo proposto pode ser visualizado detalhadamente na Figura 1. Conforme retratado, ele foi dividido em cinco etapas, sendo elas, Competências do Departamento Técnico, do Setor de Suprimentos e Fornecedores; seguidas dos desdobramentos evocados pelo Apoio Multicritério a Decisão; onde detalhamos a definição e origens dos critérios, a Matriz de Apoio a Decisão e finalmente a Recomendação aos Decisores disposto o alinhamento visto resultante de critérios técnicos e comerciais.

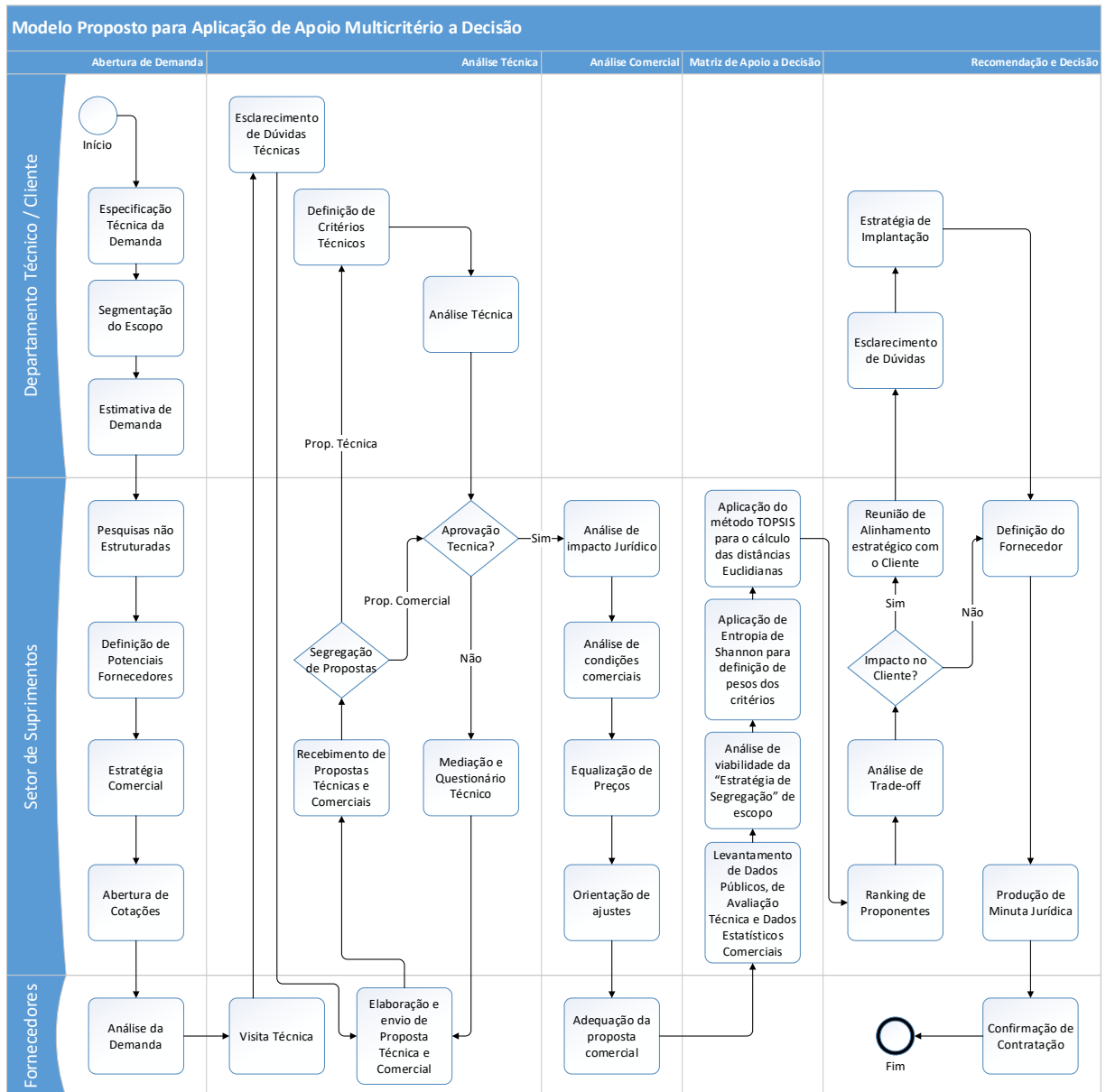


Figura 1: Modelo proposto para aplicação do AMD

Para a etapa do Departamento Técnico, definimos as competências de estimar por Survey ou histórico qual a demanda a ser atendida ao longo do contrato, detalhando seu requisito técnico em um documento estruturado denominado "Especificação Técnica", categorizando cada escopo a ser atendido. Além disto, sendo responsável por realizar a avaliação de todas as propostas técnicas, recebidas durante o processo de cotação executado pelo Setor de Suprimentos.



Para a etapa do Setor de Suprimentos, definimos as competências da pesquisa de mercado customizada pelo nicho a ser demandado, explorando as melhores estratégias comerciais, selecionando os potenciais proponentes através de uma pré-qualificação comercial. Sendo responsável por tomar ações mitigatórias ao compliance do macroprocesso; sempre que possível, este setor fará a interface entre o Departamento Técnico e os Proponentes, através de sistemas auditados seguindo fluxos de cotações, apresentação e revisões de propostas.

Para a etapa de Definições de Critérios, recebemos a avaliação técnica estruturada por critérios técnicos definidos pelo Departamento Técnico e pontuada por valores contínuos. Em seguida, para os proponentes que foram tecnicamente aprovados, complementamos com dados públicos, estatísticos e definidos nas propostas comerciais recebidas, onde para este estudo de caso foram selecionados os critérios citados na Tabela 1.

Tabela 1 – Detalhamento de Critérios para o Modelo Proposto

Descrição	Topo de Critério	Origem do Dado	Grau de Importância	
			Símbolo	Descrição
Estrutura externa	Técnico	Verificado em Visita Técnica ou Proposta Técnica apresentada	>	Maximização
Nível técnico da equipe	Técnico	Verificado em Visita Técnica ou Proposta Técnica apresentada	>	Maximização
Capacidade de atendimento	Técnico	Verificado em Visita Técnica ou Proposta Técnica apresentada	>	Maximização
Atendimento a especificação técnica	Técnico	Verificado em Visita Técnica ou Proposta Técnica apresentada	>	Maximização
Certificação da empresa	Técnico	Verificado em Visita Técnica ou Proposta Técnica apresentada	>	Maximização
Experiencia	Técnico	Verificado em Visita Técnica ou Proposta Técnica apresentada	>	Maximização
Rating Risco financeiro	Comercial	Verificado em Sistemas Internos	<	Minimização
Rating Desempenho (nota)	Comercial	Verificado em Sistemas Internos	>	Maximização
Capital social	Comercial	Verificado no Cartão CNPJ	>	Maximização
Tempo de mercado em anos	Comercial	Verificado no Cartão CNPJ	>	Maximização
Soma do Valor unitário dos itens	Comercial	soma dos [Preços dos Itens Ofertados]	<	Minimização
Soma do Valor global (Vlr Contr Estimado)	Comercial	soma dos {[Preços dos Itens Ofertados]*[Quantidade Estimada]}	<	Minimização



Aderência geral (%)	Comercial	$\frac{[\text{Quantidade de Itens ofertados}]}{[\text{Quantidade de Itens demandados}]}$	>	Maximização
Impacto Estimado da Aderência (%)	Comercial	$\frac{\{[\text{Quantidade de Itens ofertados}] * [\text{Quantidade Estimada}]\}}{\{[\text{Quantidade de Itens demandados}] * [\text{Quantidade Estimada}]\}}$	>	Maximização
Melhor preço (%)	Comercial	$\frac{[\text{Quantidade de Itens com o Menor Preço concorrido}]}{[\text{Quantidade Total de Itens concorridos}]}$	>	Maximização
Pior preço (%)	Comercial	$\frac{[\text{Quantidade de Itens com o Maior Preço concorrido}]}{[\text{Quantidade Total de Itens concorridos}]}$	<	Minimização
Discrepância ao melhor preço (%)	Comercial	Média de $\{[\text{Preço Proposto}] / [\text{Menor Preço concorrido}]\}$	<	Minimização

Fonte: Conteúdo desenvolvido pelos Autores deste artigo

Na elaboração da Matriz de Apoio à Decisão, dado a possibilidade de replicação, customização e popularidade, empregamos o software MS Excel 2016 para efetuar os cálculos e criar a matriz; conforme exemplificado nos apêndices deste trabalho. Devido à confidencialidade dos dados, os valores absolutos foram tratados por técnicas de pertinência e fatores multiplicadores garantindo a proporcionalidade de sua dimensão e conseqüentemente a realidade dos resultados, refletindo os resultados obtidos por meio da Entropia de Shannon e as conclusões geradas pelo método TOPSIS.

Para a etapa de Recomendação aos Decisores, apresentamos o histórico do processo, levantamento de dados, análises internas, riscos e oportunidades, sustentando assim a análise de trade-off.

#### 4.3. Análise dos Resultados

Dentre as alternativas, foi simulado o fornecedor “Estratégia de Segregação”, por análise computacional executada em linguagem M na ferramenta Power Query do software MS Excel 2016. Esta alternativa se apresenta como uma aliança estratégica de fornecedores, possuindo a melhor opção comercial para cada segmentação do escopo, que neste estudo de caso está categorizada por tipos de equipamentos e ferramenta.

Respeitando a orientação do Método proposto levamos ao conhecimento dos Decisores a recomendação para contratar mais de um fornecedor, posto as características da “Estratégia de Segregação”, apontada como melhor alternativa nesta matriz; com seu desempenho representado na Figura 2.





Em análise de trade off, juntos avaliamos possíveis conflitos de atendimento, impacto na gestão de contratos, potencial redução no custo final e disponibilidade de infraestrutura para comportar duas contratadas. Após avaliação, a decisão se deu por contratar os fornecedores indicados na “Estratégia de Segregação” permitindo redução potencial de 18% no valor total estimado.

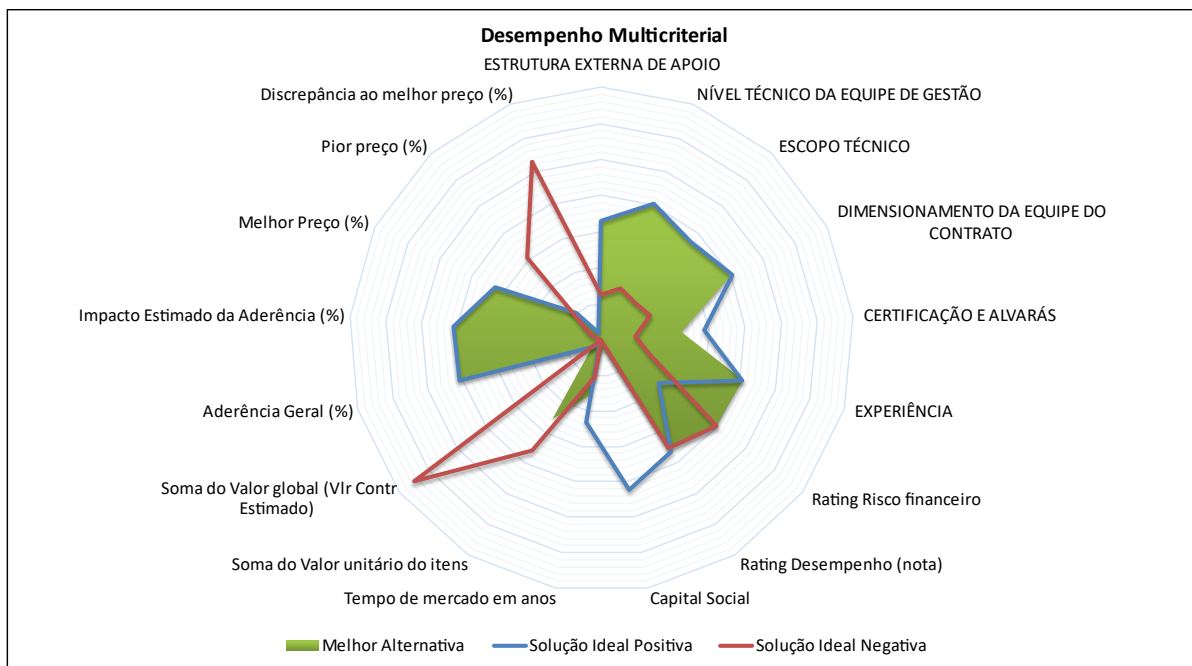


Figura 2 – Gráfico de desempenho da Melhor Alternativa

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi apresentar um modelo de apoio à decisão para a seleção de fornecedores de serviços em uma usina siderúrgica, utilizando o método TOPSIS ponderado pela Entropia de Shannon. A motivação deste estudo foi a necessidade de aprimorar o processo de seleção de fornecedores, que tradicionalmente utiliza o modelo Cascata, que simplifica os resultados em “Aprovado” ou “Reprovado” e não leva em consideração as discrepâncias técnicas entre as alternativas.

Neste trabalho, apresentamos um modelo de apoio à decisão que se mostrou eficiente e eficaz ao oferecer uma abordagem clara e precisa na análise de características complexas que, muitas vezes, são desafiadoras para a avaliação humana. Notavelmente, ele destacou os critérios de maior relevância com base nos pesos resultantes da Entropia de Shannon. Além disso, possibilitou a flexibilidade de



alternar entre critérios de maximização e minimização com uma simples alteração de uma variável próximo ao título do critério.

Porém, durante a utilização da matriz desenvolvida, observou-se que a coleta de dados para uma grande quantidade de critérios pode ser exigente e demandar esforço considerável no levantamento dos dados que garantam seu preenchimento adequado. Essa complexidade, no entanto, contribui para a imparcialidade do processo de avaliação, ao mitigar a manipulação tendenciosa dos resultados por parte de avaliadores humanos.

Comparativamente ao modelo Cascata, o modelo proposto equilibra a análise levando em consideração tanto os critérios técnicos quanto os critérios comerciais. Isso evita a negligência das discrepâncias técnicas entre as alternativas, garantindo maior consistência nos dados disponíveis para o tomador de decisões.

Ademais, a introdução da “Estratégia de Segregação” como uma opção de decisão adicional, que agrupa os melhores resultados comerciais para cada escopo, proporcionou uma recomendação mais consistente. Isso ajudou a evitar interpretações equivocadas sobre os interesses das partes envolvidas, desde a equipe técnica até os fornecedores proponentes, dando maior robustez a requisitos de compliance.

Embora este modelo tenha se mostrado robusto e eficaz, quando comparado a decisões subjetivas apoiadas na expertise do decisor, ainda existem oportunidades para aprimoramentos futuros. A seleção de critérios deve ser constantemente revisada, uma vez que novos critérios podem se tornar relevantes em cenários específicos, enquanto outros podem se tornar obsoletos. Além disso, é um desafio apresentar uma argumentação clara para usuários que não possuem conhecimento específico sobre o método aplicado. Portanto, futuros trabalhos podem se concentrar em tornar o modelo mais acessível e adaptável às necessidades variadas dos usuários.

Em resumo, este modelo de apoio à decisão utilizando o método TOPSIS e Entropia de Shannon, tem se mostrado uma ferramenta valiosa na avaliação e seleção de alternativas complexas. Sua capacidade de proporcionar análises objetivas, adaptar-se às necessidades específicas e equilibrar critérios técnicos e comerciais o torna uma adição significativa às ferramentas de apoio à tomada de decisão.



## REFERÊNCIAS

AGAKISHIYEV, G. D. Application of multi-criteria decision making to select the best supplier in the food industry. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 14, n. 1, p. 111-116, 2016.

AGRAWAL, G; DUMKA, A.; SINGH, M. Usability and accessibility-based quality evaluation of Indian airline websites an MCDM approach. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 13, n. 4, p. 4729–4745, 2022.

AISSAOUI, N.; HAOUDI, A.; HASSIN, M. Supplier selection process: a literature review. **International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling**, v. 1, n. 1, p. 78-93, 2009.

ALENCAR, L. H. *et al.* Métodos de negociação em compras de materiais: estudo de casos múltiplos em empresas privadas. **Produção**, v. 17, n. 3, p. 606-623, 2007.

ALMEIDA, A. T. Métodos multicritério de apoio à decisão. **Dissertação de Mestrado**. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

ALMEIDA, A. T. Avaliação e seleção de fornecedores: uma abordagem multicritério. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ALMEIDA, A. T. Tomada de decisão e suas consequências para a competitividade empresarial. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, v. 1, n. 2, p. 25-45, 2013.

BASTOS, L. G. *et al.* Seleção de fornecedores: um estudo em uma empresa metalúrgica. **Revista Gestão & Produção**, v. 18, n. 2, p. 259-275, 2011.

BEHZADIAN, M.; KHANMOHAMMADI OTAGHSARA, S.; YAZDANI, M.; IGNATIUS, J. A state-of the-art survey of TOPSIS applications. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 17, p. 13051–13069, 2012.

CASTRO, R. *et al.* Supplier selection in a dynamic environment using a group decision-making approach based on evidential reasoning. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 3, p. 6096-6104, 2009.

CHAVES, M. L. V. *et al.* Enquadramento metodológico exploratório: um estudo sobre gestão estratégica em organizações hospitalares. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 19, n. 3, 2013.

CHEAITOU, A.; LARBI, A.; AL HOUSANI, A. Supplier selection criteria and methods: past, present and future. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 24, n. 4, p. 1-14, 2018.



CHEN, C. A hybrid multicriteria decision-making approach based on ANP-entropy-TOPSIS for building materials supplier selection. **Sustainability**, v. 13, n. 15, p. 8176, 2021.

CHEN, T. Y.; WANG, R. C. Fuzzy multiple attribute decision making methods and applications. New York: **Springer-Verlag**, 1992.

CHEN, W; *et al.* An overview of TOPSIS evaluation model. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2011, p. 1-12, 2011.

CHENG, C. H.; LIN, Y. H.; HUANG, S. F. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. **International Journal of Production Economics**, v. 102, n. 2, p. 289-301, 2006.

CHEN, C. A novel multicriteria decision-making model for building material supplier selection based on entropy-AHP-weighted-TOPSIS. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 146, n. 11, p. 04020107, 2020.

CHOY, S. P. **Nontraditional undergraduates: findings from the condition of education. Washington, DC: National Center for Education Statistics**, 2002.

CORDEIRO, R. **Análise multicritério na tomada de decisão: um enfoque prático**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010

COSTA, L. H. R.; DUARTE, V. R. Aplicação da técnica TOPSIS na análise multicritério para seleção de equipamentos de movimentação de materiais em uma empresa do setor de alimentos. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 9., 2013, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos[...]**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2013.

DAHER, R. F.; ALMEIDA, A. T. Seleção de fornecedores com apoio de métodos multicritério. **Revista Brasileira de Gestão e Negócios**, v. 12, n. 35, p. 160-178, 2010.

DE BOER, L.; WEGER, R.; TELGEN, J. Decision support systems in public procurement: an overview of present and future developments. **International Journal of Public Sector Management**, v. 11, n. 4, p. 292-310, 1998

DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, n. 2, p. 75-89, 2001.

DE BOER, L.; PIERANGELA, F.; MORLACCHI, P. Joint use of a multiple-criteria technique and input-output analysis for public tendering in waste disposal: an Italian case study. **Waste Management & Research**, v. 19, n. 4, p. 318-328, 2001



DE BOER, L.; PIERANGELA, M.; MORLACCHI, P. Supply chain management and the diffusion of ICT innovations: Evidence from Italian SMEs. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7, n. 1, p. 45-56, 2001.

DE BOER, L.; WEGER, R.; TELGEN, J. A framework for supplier assessment and supplier selection. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 3, n. 4, p. 179-186, 1998.

ENSSLIN, L. *et al.* Seleção de fornecedores com a utilização da metodologia multicritério de apoio à decisão – construtivista (MCDA-C). **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, v. 12, n. 2, p. 1-18, 2013.

FORGHANI, A.; SADJADI, S.; FARHANG, M. B. A supplier selection model in pharmaceutical supply chain using PCA-ZTOPSIS and MILP: a case study. **International Journal of Management Science and Engineering Management**, v. 12, n. 2, p. 1–9, 2017.

FREITAS, A. S *et al.* Aplicação de métodos multicritério de apoio à decisão em seleção de projetos de pesquisa: um estudo de caso em uma instituição pública de ensino. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 2, p. 299-310, 2006.

FURTADO, A. T. Seleção de fornecedores: uma revisão teórica e proposição de um modelo de decisão multicritério. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GONZÁLEZ, M. E. R. *et al.* A multi-objective approach to supplier selection for the Chilean salmon industry. **International Journal of Production Economics**, v. 87, n. 2, p. 131-142, 2004.

HA; KRISHNAN. **Multicriteria decision making: a literature review**. **International Journal of Management Reviews**, vol. 10, no. 2, 2008, pp. 105-128.

HEIN, N; *et al.* Técnica de ordenação de preferências por similaridade com a ideal solução (TOPSIS): revisão bibliográfica. **Revista Produção Online**, v. 15, n. 1, p. 319-347, 2015.

HO; XU; DEY. **Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review**. **European Journal of Industrial Engineering**, vol. 4, no. 3, 2010, pp. 317-342.

HO, W.; XIE, M.; GAO, X.. Interval type-2 fuzzy TOPSIS method and its application to urban transportation decision-making. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 9, p. 6618-6628, 2010.

HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence**. Cambridge: MIT Press, 1992.





HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making: methods and applications**. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

JAHAN, A.; EDWARDS, D. J. Comparison of techniques for normalisation of a subjective evaluation matrix. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 14, n. 01, p. 185-206, 2015

JUNIOR, A. A. A. *et al.* Seleção de fornecedores utilizando a teoria de decisão multicritério e a análise envoltória de dados. **Revista Produção Online**, v. 13, n. 1, p. 66-94, 2013.

KRISHNAN, J. A new approach for supplier selection based on fuzzy linguistic computing. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 14, n. 4, p. 246-257, 2008.

KROHLING, R. A.; TALLEs, P. S. M. **Método multicritério de apoio à decisão: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

KROHLING, R. A.; SOUZA, R. C. A utilização da técnica topsis para a ordenação de fornecedores. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos[...]**. Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. **Technical Report EBSE 2007-01**, Ver. 2.3. Keele University and Durham University Joint Report. 2007.

LIMA JUNIOR, F. R. *et al.* Seleção de fornecedores por meio da utilização de métodos multicritério. **Produção**, v. 22, n. 4, p. 659-673, 2012.

LIMA JUNIOR, F. R. *et al.* Critérios de seleção de fornecedores em empresas do setor elétrico brasileiro. **Produção**, v. 23, n. 1, p. 62-74, 2013.

LIMA JUNIOR, F. R. *et al.* Seleção de fornecedores de matérias-primas em uma indústria de produtos alimentícios. **Revista de Administração e Inovação**, v. 10, n. 2, p. 43-64, 2013.

LIMA JUNIOR, O. F.; CARPINETTI, L. C. R.. Avaliação de desempenho de terceiros: um estudo aplicado à gestão de ativos de transporte. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, p. 169-182, 2015.

LIMA, M. V. S.; CARPINETTI, L. C. R. Análise da seleção de fornecedores em empresas de pequeno porte: um estudo de caso no setor automotivo. **Revista Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, p. 25-35, 2015.

LOTFI, F. H.; FALLAHNEJAD, R. Imprecise Shannon's entropy and multi-attribute decision making. **Entropy**, v. 12, n. 1, p. 53-62, 2010.



MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York: John Wiley & Sons, 2006.

MENDES, J. V. O. Proposta de método para seleção de fornecedores baseado no modelo multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP). 2013. 70 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)** - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

MIRANDA, P. R.. Uma revisão da metodologia TOPSIS aplicada ao problema de escolha de fornecedores. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos[...]**.Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

MUKHERJEE, K. **Multiple criteria decision making methods and applications: selected readings**. New York: Springer Science & Business Media, 2016.

ONDER, O.; DAG, H. A new fuzzy multicriteria decision-making approach: direct fuzzy ranking method. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2013, p. 1-10, 2013

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L. B.; RESENDE, A. M. Metodologia para organização, planejamento e execução de uma revisão sistemática e metanálise. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 65, n. 6, 2015.

PIDDUCK, A. Organising supplier selection criteria into a hierarchy. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 5, p. 369-376, 2006.

PRESOTO, A. E. Processo de seleção e avaliação de fornecedores: uma abordagem teórica e prática. 2012. 116 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)** - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

QURESHI, M. N.; KUMAR, D.; KUMAR, P. Selection of potential 3PL services providers using TOPSIS with interval data. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 32, n. 5-6, p. 525–534, 2007.

RIVAS, M. A., SOUZA, E. G. de. “Análise comparativa da utilização do modelo tradicional (waterfall) de desenvolvimento de projetos e o modelo ágil (agile) em fábricas de software”. **Revista de Sistemas e Computação**, Salvador, v. 4, n. 1, p. 3-11. 2020.

RODRIGUEZ, C. M. *et al.* Seleção de fornecedores: estudo de caso em uma empresa de construção civil. **Revista Eletrônica Gestão e Serviços**, v. 8, n. 1, p. 1938-1954, 2017.



ROMERO, C. A. **Multiple objective decision analysis: state of the art surveys**. New York: Springer-Verlag, 1993.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. **Decision making with dependence and feedback: the analytic network process**. Pittsburgh: RWS Publications, 1996.

SAYAREH, J.; LZIMINI, K. Evaluation of mining investment projects using the TOPSIS and MULTIMOORA methods. **Journal of Mining Science**, v. 50, n. 5, p. 1071-1079, 2014.

SILVA, M. B. R.; PACHECO, M. A. C. Aplicação de Apoio Multicritério à Decisão em Suprimentos no processo de contratação de serviço local. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 11., 2022, Curitiba. **Anais eletrônicos [...]**... Curitiba: UTFPR, 2022.

SHUKLA, A.; VARDHAN, M.; AGGARWAL, H. A fuzzy-based multicriteria decision-making approach for evaluating supply chain strategies in uncertain environment. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 28, p. 1621-1639, 2017.

SONMEZ, M. A review and critique of supplier selection process and practices. **Loughborough: Loughborough University**, 2006.

VIANA, A. B.; ALENCAR, L. H. V. Seleção de fornecedores através da teoria da decisão multicritério. **Production**, v. 22, n. 2, p. 306-316, 2012

VIANA, A. B. N.; ALENCAR, A. L. M. S. A utilização de modelos multicritério de apoio à decisão em empresas: um estudo de caso. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n. 2, p. 183-202, 2009.

VIANA, R.; ALENCAR, L. H. Seleção de fornecedores: um estudo de caso em uma empresa do ramo de alimentos. **Revista Produção Online**, v. 12, n. 2, p. 383-402, 2012.

WANG, Y. H. A hybrid MCDM model for evaluating outsourcing strategies in the textile industry. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 9, p. 6249-6256, 2010.

WU, Y. C.; BARNES, C. M. A fuzzy approach to supplier selection. **Journal of the Operational Research Society**, v. 62, n. 9, p. 1667-1682, 2011.

WU, Yanbing; *et al.* A method for choosing and ranking distribution centers based on the TOPSIS and Shannon entropy model. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 28, n. 5, p. 1057-1068, 2017.



Pós-graduação em  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
com ênfase em tecnologias da decisão

YADAV, S.; JOSEPH, R.; JIGEESH, N. K. Fuzzy multicriteria decision making for sustainability assessment of buildings. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 7, p. 98-107, 2018.

YOON, K. P.; WANG, Y. J. **Multiple attribute decision making: an introduction**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1995.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.



## APÊNDICES

		<b>Apoyo Multicritério à Decisão</b>																									
		<b>Método TOPSIS ponderado por Entropia de Shannon</b>																									
Base de Dados	Critérios	ESTRUTURA EXTERNA DE APOIO	NÍVEL TÉCNICO DA EQUIPE DE GESTÃO	ESCOPO TÉCNICO	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE DO CONTRATO	CERTIFICAÇÃO E ALVARÁS	EXPERIÊNCIA	Rating Risco financeiro	Rating Desempenho (nota)	Capital Social	Tempo de mercado em anos	Soma do Valor unitário do Item	Soma do Valor global (Vir Contr. Estimado)	Aderência Geral (%)	Impacto Estimado da Aderência (%)	Melhor Preço (%)	Por preço (%)	Discrepância ao melhor preço (%)	Distâncias Euclidianas		Coef.De Proximidade						
		1º	2º	3º	4º	5º	7º	11º	12º	13º	16º	18º	19º	20º	21º	22º	23º	24º	E+	E-							
		Técnico							Comercial																		
Alternativas	<b>Definição de Melhor:</b>	>	>	>	>	>	>	<	>	>	>	<	<	>	>	>	<	<									
	.Fornecedor A1	8	8	8	8	7	9	19,0526	20,7846	R\$ 22,52	42,49298	R\$ 1.057,63	R\$ 38,09	97%	98%	38%	63%	487%	0,059158861	0,112225133	0,65481689						
	.Fornecedor B2	3	3	3	3	3	3	38,1051	21,4274	R\$ 5.502,37	60,96819	R\$ 31,18	R\$ 605,37	1%	1%	7%	93%	2676%	0,121111899	0,056247092	0,31713697						
	.Fornecedor C3	5	8	7	8	9	9	38,1051	21,4274	R\$ 1.934,85	27,71281	R\$ 999,11	R\$ 45,36	100%	100%	64%	39%	155%	0,051019272	0,115713304	0,69400538						
	<b>Estrat. Segregação</b>	8	8	8	8	7	9	38,1051	20,7846	R\$ 304,98	40,64546	R\$ 759,08	R\$ 32,91	100%	100%	72%	31%	114%	0,052026962	0,119176876	0,69611101						
Resultados	Ind. Entropia de Shanon	0,2644	0	0,1288	0	0,39	0	0	0	0,37526988	0,524928	0,215741358	0,090764747	0,0188	0,0121	0,3409	0,4374	0,2501	<b>Nota:</b>								
	Nível de Desvio	0,7356	1	0,8712	1	0,61	1	1	1	0,62473012	0,475072	0,784258642	0,909235253	0,9812	0,9879	0,6591	0,5626	0,7499	<b>Definição de Melhor:</b>								
	Pesos Calculados	0,0527	0,0717	0,0624	0,0717	0,0437	0,0717	0,07168	0,07168	0,044780213	0,034053	0,056215104	0,065173339	0,0703	0,0708	0,0472	0,0403	0,0538	O sinal de ">" está para condições de quanto maior o valor, melhor e o desempenho no critério, posto contrario para o simbolo de "<"; O sinal de "x" invalida tal critério de comparação.								
	Solução Ideal Positiva	0,0331	0,0404	0,0366	0,0404	0,0287	0,0406	0,01988	0,03638	0,042186585	0,023295	0,001067801	0,003520948	0,041	0,0411	0,0329	0,0102	0,0022	<b> RATINGS:</b>								
	Solução Ideal Negativa	0,0124	0,0152	0,0137	0,0152	0,0096	0,0135	0,03976	0,03529	0,000172635	0,010589	0,036223392	0,064768893	0,0002	0,0002	0,003	0,0306	0,0528	Valores não numéricos devem ser convertidos em Numéricos equivalentes. Ex.: A=1; B=2; C=3...								
<b>Melhores Alternativas:</b>		<b>Estrat. Segregação &gt; .Fornecedor C3 &gt; .Fornecedor A1</b>																									

Matriz de Apoio a Decisão no MS Excel 2016





## **MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

### **INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**

Autarquia criada pela Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008

#### **Campus Cariacica**

Rodovia Gov. José Sette, S/Nº - Bairro Itacibá - 29150-410 - Cariacica – ES – 27 3246-1600

**BRUNO VINICIUS NUNES GARCIA  
MAIRA ABREU PATUSSI**

## **APLICAÇÃO DE UM MODELO BASEADO NO MÉTODO TOPSIS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM UMA USINA SIDERÚRGICA**

Trabalho Final de Curso apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção com ênfase em Tecnologias de Decisão do Instituto Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Especialista.

Aprovado em 28 de novembro de 2023

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. Tiago José Menezes Gonçalves  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador

Prof. Dr. Guilherme Guilhermino Neto  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro interno

Prof. Dr. Fabrício Broseguini Barcelos  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro interno



*Emitido em 15/12/2023*

**FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC Nº 28/2023 - CAR-CCEP (11.02.19.01.08.03.10)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 19/12/2023 08:20 )*

**FABRICIO BROSEGHINI BARCELOS**

*PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO*

*CAR-CCEP (11.02.19.01.08.03.10)*

*Matrícula: 1909038*

*(Assinado digitalmente em 18/12/2023 15:18 )*

**GUILHERME GUILHERMINO NETO**

*PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO*

*CAR-CCEP (11.02.19.01.08.03.10)*

*Matrícula: 2151589*

*(Assinado digitalmente em 16/12/2023 10:04 )*

**TIAGO JOSE MENEZES GONCALVES**

*PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO*

*CAR-CCEP (11.02.19.01.08.03.10)*

*Matrícula: 2073974*

Visualize o documento original em <https://sipac.ifes.edu.br/documentos/> informando seu número: **28**, ano: **2023**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC**, data de emissão: **16/12/2023** e o código de verificação: **48ed4aade5**