



**SELEÇÃO DE FORNECEDORES NA GESTÃO DE COMPRAS DA  
MANUTENÇÃO – ESTUDO DE CASO NUMA INDÚSTRIA DE PAPEL**

**Daniela Costa Videira**

*Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico do Porto para obtenção do grau de Mestre em  
Logística*

**Orientadora: Professora Doutora Ana Paula Lopes**

**Porto, julho 2025**





**SELEÇÃO DE FORNECEDORES NA GESTÃO DE COMPRAS DA  
MANUTENÇÃO – ESTUDO DE CASO NUMA INDÚSTRIA DE PAPEL**

**Daniela Costa Videira**

**Professora Doutora Ana Paula Lopes**

**Porto, julho 2025**

## RESUMO

Num contexto empresarial cada vez mais competitivo, a área de compras tem assumido um papel estratégico fundamental, especialmente no que se refere à seleção de fornecedores. Esta dissertação aborda a importância de um departamento de compras bem estruturado, focado na criação de parcerias sólidas, seleção de fornecedores e na otimização de custos, uma vez que o futuro das organizações vai depender cada vez mais deste departamento para responder às necessidades do cliente e do mercado. O processo de seleção de fornecedores, anteriormente baseado apenas em critérios simples como o custo, evoluiu para um modelo multicritério que considera dimensões tanto qualitativas quanto quantitativas.

A presente dissertação tem como objetivo aplicar e comparar dois métodos multicritério de apoio à decisão – *Fuzzy-TOPSIS* e PROMETHEE – no contexto da seleção de fornecedores para a área de compras de manutenção numa indústria de papel. O trabalho parte da identificação dos critérios mais relevantes para o processo de decisão, como o preço, o *lead time*, os custos de transporte, o cumprimento dos prazos de entrega e o serviço pós-venda. Com base na percepção de um decisor interno, são atribuídas ponderações aos critérios e avaliações linguísticas aos fornecedores, posteriormente convertidas em representações numéricas *fuzzy*.

O método *Fuzzy-TOPSIS* permitiu captar a subjetividade e a incerteza nas avaliações qualitativas, transformando-as em índices de proximidade às soluções ideais. Já o método PROMETHEE, com os seus fluxos de preferência positivos e negativos e ferramentas como o *GAIA Plane*, possibilitou uma análise gráfica das alternativas e dos conflitos entre critérios. Ambos os métodos revelaram o Fornecedor C como a melhor alternativa, embora com diferenças nos rankings intermédios das demais alternativas, devido à influência das estruturas algorítmicas próprias de cada abordagem.

Adicionalmente, foi realizada uma análise de sensibilidade com recurso ao gráfico *Walking Weight* do PROMETHEE, que demonstrou a robustez do Fornecedor C mesmo perante variações significativas nos pesos dos critérios. Em contrapartida, os fornecedores A, B e D mostraram maior instabilidade nas suas posições, dependendo das prioridades estratégicas consideradas.

Os resultados desta dissertação evidenciam que a aplicação de métodos multicritério à seleção de fornecedores proporciona maior rigor, transparência e fundamentação ao processo de tomada de decisão. A comparação entre os métodos reforça a importância de uma abordagem plural e adaptável, contribuindo para decisões mais alinhadas com os objetivos e restrições da empresa.

**Palavras-chave:** Gestão de Compras; Seleção de Fornecedores; PROMETHEE; *Fuzzy-TOPSIS*; Apoio Multicritério à Decisão; Análise de Sensibilidade, Logística.

## ABSTRACT

In an increasingly competitive business environment, purchasing has taken on a key strategic role, especially in terms of supplier selection. This dissertation addresses the importance of a well-structured purchasing department, focused on creating solid partnerships, selecting suppliers and optimizing costs, since the future of organizations will increasingly depend on this department to respond to customer and market needs. The supplier selection process, previously based only on simple criteria such as cost, has evolved into a multi-criteria model that considers both qualitative and quantitative dimensions.

The aim of this dissertation is to apply and compare two multi-criteria decision support methods - Fuzzy-TOPSIS and PROMETHEE - in the context of selecting suppliers for the maintenance purchasing area in a paper industry. The work starts by identifying the most relevant criteria for the decision-making process, such as price, lead time, transportation costs, compliance with delivery deadlines and after-sales service. Based on the perception of an internal decision-maker, the criteria are weighted and the suppliers are given linguistic evaluations, which are then converted into fuzzy numerical representations.

The Fuzzy-TOPSIS method made it possible to capture subjectivity and uncertainty in qualitative assessments, transforming them into indices of proximity to ideal solutions. The PROMETHEE method, with its positive and negative preference flows and tools such as GAIA Plane, made it possible to graphically analyze the alternatives and the conflicts between criteria. Both methods revealed Supplier C as the best alternative, although there were differences in the intermediate rankings of the other alternatives, due to the influence of the algorithmic structures specific to each approach.

In addition, a sensitivity analysis was carried out using PROMETHEE's Walking Weight graph, which demonstrated Supplier C's robustness even in the face of significant variations in the weights of the criteria. On the other hand, suppliers A, B and D showed greater instability in their positions, depending on the strategic priorities considered.

The results of this dissertation show that applying multi-criteria methods to supplier selection provides greater rigor, transparency and substantiation to the decision-making process. The comparison between the methods reinforces the importance of a plural and adaptable approach, contributing to decisions that are more in line with the company's objectives and constraints.

**Key words:** Purchasing Management; Supplier Selection; PROMETHEE; Fuzzy-TOPSIS; Multicriteria Decision Support; Sensitivity Analysis, Logistics.

## **Agradecimentos**

Esta dissertação de mestrado é o culminar de um percurso exigente, marcado por diversos desafios, os quais foram superados com muita dedicação e empenho e, por este motivo, não poderia deixar de expressar a minha profunda gratidão às pessoas que, de forma direta ou indireta, permitiram que eu alcançasse um dos meus maiores objetivos.

Aos meus pais e ao meu namorado, agradeço todo o apoio, as palavras de incentivo e, sobretudo, o facto de nunca terem deixado de acreditar em mim e nas minhas capacidades. Sem eles este percurso teria sido incomparavelmente mais difícil.

E à minha orientadora, Doutora Ana Paula Lopes, agradeço de coração a partilha de todo o conhecimento, pela constante disponibilidade e pelo apoio incondicional demonstrado ao longo de todo o processo. A sua orientação foi essencial para a concretização deste trabalho.

**Lista de abreviaturas e siglas:**

INE (Instituto Nacional de Estatística)

PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*)

Fuzzy-TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*)

CSCMP – *Council Supply Chain Management Professionals*

GCA - Gestão da Cadeia de Abastecimento

MCD A (*Multicriteria Decision Analysis*)

AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalite*)

MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*),

TODIM (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério)

UTA (*Utilité Additive*)

FST (*Fuzzy Set Theory*)

FPIS (*Fuzzy Positive Ideal Solution*)

FNIS (*Fuzzy Negative Ideal Solution*)

## Índice

<b>1. Introdução</b> .....	1
1.1. Enquadramento, objetivos e metodologias de investigação .....	1
1.2. Estrutura do trabalho .....	2
<b>2. Revisão da literatura</b> .....	4
2.1. A logística .....	4
2.2. A Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA).....	4
2.3. As compras .....	5
2.3.1. O processo da compra .....	5
2.3.2. Variáveis chave das compras.....	9
2.4. A seleção dos fornecedores.....	10
2.5. Métodos multicritério.....	11
<b>3. Metodologia</b> .....	16
3.1. Definição de critérios .....	16
3.2. Métodos decisão multicritério .....	18
3.2.1. PROMETHEE.....	18
3.2.2. <i>Fuzzy</i> -TOPSIS.....	23
<b>4. Aplicação da metodologia</b> .....	26
4.1. Formulação e estruturação do problema.....	26
4.2. Recolha de dados .....	27
4.3. Aplicação método PROMETHEE .....	28
4.4. Aplicação do método <i>Fuzzy</i> -TOPSIS .....	39
<b>5. Conclusão</b> .....	46
<b>6. Bibliografia:</b> .....	47

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Processo de compra (Fonte: Carvalho, José (2010). Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento. 3ª edição) .....	6
<b>Figura 2</b> - Funções preferência: a) Usual; b) U-Shape; c) V-Shape; d) Level; e) Linear; f) Gaussian (Fonte: Adaptado de (Karczmarczyk et al., 2018).....	20
<b>Figura 3</b> - Estrutura do problema (Fonte: Própria) .....	27
<b>Figura 4</b> - Interface software Visual PROMETHEE (Fonte: software Visual PROMETHEE).....	28
<b>Figura 5</b> - PROMETHEE II - Complete Ranking (Fonte: software Visual PROMETHEE) .....	29
<b>Figura 6</b> - PROMETHEE I - Partial Ranking (Fonte: software Visual PROMETHEE) .....	30
<b>Figura 7</b> - Action Profile: Fornecedor A, B, C e D (Fonte: software Visual PROMETHEE).....	31
<b>Figura 8</b> - PROMETHEE Network (Fonte: software Visual PROMETHEE) .....	32
<b>Figura 9</b> - PROMETHEE Rainbow (Fonte: software Visual PROMETHEE .....	33
<b>Figura 10</b> - PROMETHEE Gaia (Fonte: software Visual PROMETHEE).....	35
<b>Figura 11</b> - Walking Weight: visão inicial (Fonte: software Visual PROMETHEE).....	36
<b>Figura 12</b> - Walking weight com peso do preço a 10% e do serviço pós-venda a 1%(Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	37
<b>Figura 13</b> - Walking weight com peso do Lead Time a 57% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	38
<b>Figura 14</b> - Walking weight com peso do custo de transporte a 50% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	38
<b>Figura 15</b> - Números fuzzy triangular (Fonte:Lima & Carpinetti, 2015).....	40
<b>Figura 16</b> - Valores das distâncias entre os números Fuzzy e respetivo índice de proximidade (Fonte: Própria).....	44

## Índice de tabelas

<b>Tabela 1</b> - Principais variáveis chave (Fonte: Adaptado (D. A. Costa et al., 2015) e (Guedes et al., 2010)) .....	10
<b>Tabela 2</b> – Estudos em Portugal sobre a seleção de fornecedores aplicando os métodos multicritério (Fonte: Própria) .....	14
<b>Tabela 3</b> - Estudos Internacionais sobre a seleção de fornecedores aplicando os métodos multicritério (Fonte: Própria).....	15
<b>Tabela 4</b> - Critérios a avaliar na seleção de fornecedores (Fonte: Própria).....	17
<b>Tabela 5</b> - Critérios a avaliar após receção de encomenda (Fonte: Própria).....	18
<b>Tabela 6</b> - Peso atribuído a cada critério (Fonte: Própria).....	28
<b>Tabela 7</b> - Termos linguísticos e números Fuzzy para o peso dos critérios (Fonte: própria) .....	40
<b>Tabela 8</b> - Termos linguísticos e números Fuzzy para a avaliação das alternativas (Fonte: própria) .....	41
<b>Tabela 9</b> - Decisão do tomador de decisor (Fonte: própria) .....	41
<b>Tabela 10</b> - Matriz de decisão (Fonte: Própria) .....	42
<b>Tabela 11</b> – Matriz de decisão Fuzzy normalizada (Fonte: Própria) .....	42
<b>Tabela 12</b> - Matriz normalizada e ponderada (Fonte: Própria).....	43
<b>Tabela 13</b> - Valores da distância entre os números fuzzy ( $d +$ ) (Fonte: Própria).....	43
<b>Tabela 14</b> - Valores da distância entre os números fuzzy ( $d -$ ) ((Fonte: Própria) .....	44

## 1. Introdução

Segundo Biond - *Forest fibers from Portugal* (2025), o setor da pasta, do papel e do cartão apresentou em 2023, um desempenho inferior ao de 2022, ano que se destacou por resultados excepcionalmente positivos. Apesar dos resultados globais terem mostrado uma certa desaceleração em comparação com o forte crescimento do ano anterior, o setor continua a desempenhar um papel fundamental na economia. Em 2022 o setor atingiu o pico de vendas de 4,08 mil milhões de euros, já em 2023 atingiram os 3,15 mil milhões de euros, esta redução acentuada nas vendas deve-se à inversão da tendência nas exportações portuguesas de produtos industriais de origem florestal que registaram uma queda de 11,2% (Biond - *Forest fibers from Portugal*, 2025). No entanto, o resultado líquido das empresas do setor foi positivo, atingindo os 384,95 milhões de euros demonstrando a resiliência e a capacidade de adaptação do setor, segundo a mesma fonte.

Em 2023, de acordo com Biond - *Forest fibers from Portugal* (2025), com base em informação do INE, a produção total de papel e cartão atingiu 1,7 milhões de toneladas, das quais 12,2% corresponderam à produção de papéis sanitários e de uso doméstico, segmento no qual se insere a empresa em análise.

A empresa em estudo apresenta uma ampla gama de papéis *tissue*, um tipo de papel caracterizado pela sua suavidade e baixa gramagem (isto é, o peso do papel por metro quadrado). Esta gama encontra-se segmentada da seguinte forma:

- Produtos de uso diário, que incluem o papel higiénico, rolos de cozinha, guardanapos, lenços de papel e faciais;
- Produtos de uso industrial que incluem os rolos: jumbo, de marquesa, bobine industrial, seca mãos, e toalha de mãos.

A empresa é constituída por vários departamentos, cada um desempenhando um papel fundamental para o funcionamento eficiente da mesma.

No entanto, a presente dissertação focar-se-á somente no departamento das compras, visto que ao longo dos anos as empresas têm reconhecido a crescente importância desta área estratégica. Tal deve-se, em grande parte, à complexidade envolvida no processo de seleção de fornecedores, o qual exige uma análise criteriosa face à multiplicidade de opções e à necessidade de otimização de custos, qualidade e prazos.

Este primeiro capítulo tem como objetivo apresentar e enquadrar o tema desenvolvido ao longo do presente trabalho. Para tal, encontra-se dividido em dois subcapítulos: o primeiro dedica-se ao enquadramento do tema, à definição dos objetivos e à descrição das metodologias a aplicar; o segundo apresenta, de forma sucinta, a estrutura do projeto.

### 1.1. Enquadramento, objetivos e metodologias de investigação

Num mercado cada vez mais globalizado e competitivo, as empresas têm vindo a atribuir uma importância crescente à área de compras. Tradicionalmente considerada como uma função de

suporte, esta área era frequentemente gerida de forma descentralizada, com cada departamento a assumir autonomamente as suas aquisições. No entanto, tal abordagem, desprovida de uma estratégia integrada, tende a resultar numa gestão ineficaz de fornecedores e pode originar desperdícios significativos (Guedes et al., 2010).

Ainda no seguimento do mesmo autor, (Guedes et al., 2010), com o aumento da importância das compras e o futuro das organizações a depender cada vez mais da capacidade do departamento de compras em responder às necessidades dos seus clientes e mercado, é importante que todas as empresas tenham um departamento único para coordenar e centralizar todas as necessidades internas que surjam. Um departamento focado na gestão de possíveis parcerias; na procura de fornecedores e posterior seleção dos mesmos através de vários critérios quantitativos e qualitativos com a ajuda da análise multicritério; e na otimização de custos torna as organizações mais preparadas para encarar as exigências de mercado. Para fazer face a esta necessidade, observa-se a ampliação do quadro de profissionais dedicados à aquisição de matérias-primas e nas compras da manutenção, que apesar de serem muitas vezes subestimados no âmbito organizacional, são fundamentais numa empresa, uma vez que um mau funcionamento das máquinas estas não vão conseguir produzir, e profissionais na otimização de processos.

Assim, a empresa em análise constatou que o processo de aquisição de peças ou materiais para a manutenção envolve decisões complexas, em especial no que diz respeito à seleção do fornecedor mais adequado, uma vez que essa escolha depende de múltiplos critérios. Neste contexto, o presente trabalho tem como principais objetivos compreender o funcionamento do processo de compras, em particular as da manutenção e, com recurso a métodos de apoio à decisão multicritério, nomeadamente o PROMETHEE e o *Fuzzy-TOPSIS*, identificar o fornecedor mais apropriado para a aquisição em causa.

## **1.2. Estrutura do trabalho**

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos:

O **Capítulo 1** corresponde à introdução, onde se procede ao enquadramento e contextualização do tema, são definidos os objetivos da investigação, apresentadas as metodologias utilizadas e descrita a estrutura geral do estudo.

O **Capítulo 2** está subdividido em cinco secções e tem como principal finalidade o aprofundamento teórico do tema. Nele é realizada uma revisão da literatura sobre logística, gestão da cadeia de abastecimento e compras, abordando-se o seu enquadramento geral, com particular destaque para o processo de compras de manutenção no setor da indústria de papel, bem como nas variáveis-chave associadas. Este capítulo inclui ainda uma explicação dos métodos de seleção de fornecedores, com destaque para os métodos de apoio à decisão multicritério.

No **Capítulo 3** é efetuada uma descrição da organização da empresa em estudo, a definição dos critérios e a descrição de forma detalhada dos métodos PROMETHEE e *Fuzzy-TOPSIS*, que serão utilizados na fase empírica.

O **Capítulo 4** inclui a aplicação prática dos métodos suprarreferidos ao caso em estudo, bem como a apresentação e discussão dos respetivos resultados.

Por fim, o **Capítulo 5** reúne as conclusões do estudo, salientando os principais contributos, limitações e possíveis linhas de investigação futura.

## **2. Revisão da literatura**

### **2.1. A logística**

Numa vertente mais atual a maior organização mundial de profissionais desta área, CSCMP (*Council Supply Chain Management Professionals*) define a logística como parte da cadeia de abastecimento que é responsável pelo planeamento, implementação e controlo eficiente e eficaz do fluxo, tanto direto como inverso, e também pelas operações de armazenagem de bens e serviços e de informação desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, de forma a satisfazer os requisitos e necessidades dos clientes (Carvalho, 2004).

Considera-se como definição central aquela que remete para a gestão de fluxos físicos e de informação. Não apenas porque ela emerge de uma lógica de inventários ou stocks, mas também porque é uma definição que agrega todas as outras. Esta gestão de fluxos físicos e de informação tem como objetivo servir o cliente, seja ele interno ou externo à organização. Estes são geridos para dotar os produtos, serviços ou soluções oferecidas aos clientes de atributos logísticos que possam ser considerados como geradores de valor. De uma perspetiva mais abrangente gerir estes fluxos implica fazer o planeamento, implementação e controlo destes mesmos para as matérias-primas, os produtos em vias de fabrico ou produtos finais. Nesta gestão também são incluídos os serviços e soluções (Guedes et al., 2010).

No seguimento da afirmação sobre a logística do CSCMP este afirma que as atividades logísticas englobam um conjunto diversificado de atividades, tais como a coordenação dos fluxos de entrada (*inbound*) e de saída (*outbound*) no que diz respeito ao transporte, a organização e controlo das frotas, a gestão dos armazéns e do manuseamento de materiais, a gestão de respostas a encomendas, o desenvolvimento da estrutura da rede logística, a gestão de inventários, o planeamento da oferta e da procura, bem como a gestão dos prestadores de serviços logísticos (Carvalho, 2004).

### **2.2. A Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA)**

Para CSCMP (2010) a GCA consiste no planeamento e na gestão de todas as atividades associadas ao *sourcing* e *procurement*, aos processos de transformação, bem como as diversas atividades logísticas. É relevante destacar que esta gestão implica a coordenação e a promoção da colaboração entre os diferentes intervenientes da cadeia, nomeadamente fornecedores, intermediários, prestadores de serviços logísticos ou clientes. De um modo geral a GCA visa integrar as componentes da oferta e da procura, tanto dentro como entre empresas (Carvalho, 2004).

Tal como a logística, a GCA também tem muitas definições de vários autores como é o caso de Christopher (1992) que sugere que a GCA consiste “na gestão das relações a montante e a jusante com os fornecedores e os clientes para entregar valor superior ao cliente final a um custo menor para toda a Cadeia de Abastecimento”. Este autor chega ao ponto de afirmar que são as cadeias de abastecimento que competem e não as empresas.

O autor Holmberg (2000) afirma que as empresas que implementaram com sucesso a GCA possuem dois objetos em comum, um deles é que pensam sobre a cadeia de abastecimento como um todo e o outro é que perseguem resultados de aumento de volume de vendas (mais valor para o cliente), melhor utilização dos ativos e redução de custos.

### **2.3. As compras**

Durante os últimos anos o papel das compras, tanto no setor privado como no público, tem vindo a assumir um papel cada vez mais relevante e tem vindo a receber cada vez mais atenção por parte dos gestores, dos académicos e dos meios de comunicação em geral. Estudos recentes mostram que a gestão estratégica das compras tem um impacto positivo na performance quer das grandes empresas quer das pequenas empresas (Carr & Pearson, 2002). Estes autores no seu estudo concluíram que “os gestores deveriam compreender melhor a importância estratégica da gestão das compras, o envolvimento dos fornecedores, e a sua relação com a performance financeira das organizações”

A compra é um dos elementos mais importantes na GCA. Muito embora as primeiras aproximações estejam inseridas nos processos produtivo e marketing, no contexto de uma empresa processual e no âmbito da cadeia integrada de valor, a compra anda ligada com o processo negocial e o processo logístico, revelando nesta última vertente uma forte ligação ao abastecimento (Carvalho, 2004).

Em síntese pode dizer-se que é a compra que faz despoletar o processo logístico, originando a ação em termos de fluxos físicos e informacionais.

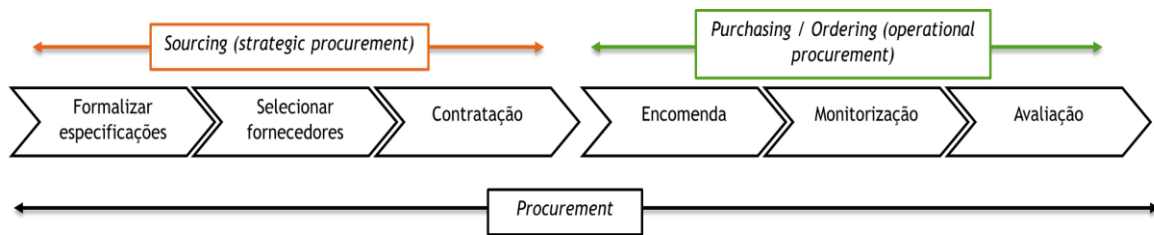
Normalmente, numa transação típica figuram dois elementos, o fornecedor e o cliente. O fornecedor, encarando neste contexto como produtor, terá tendência a abastecer uma cadeia logística com materiais / produtos onde podem figurar produtores sequenciais e distribuidores, grossistas e ou retalhistas. Assim, neste processo o fornecedor estabelece uma relação com o distribuidor, que utilizará pontos de venda para servir o mercado final, disponibilizando, por sua vez, um conjunto de produtos aos seus clientes / consumidores (Carvalho, 2004).

A função de compras visa, essencialmente, contribuir para o aumento da rentabilidade da organização, assegurando a aquisição de bens e serviços nas quantidades adequadas, com o nível de qualidade exigido e ao menor custo possível. Paralelamente, procura garantir a fiabilidade no cumprimento dos prazos de entrega e a prestação de um serviço eficiente por parte dos fornecedores. Acresce ainda a importância de desenvolver e manter relações sólidas e colaborativas com os fornecedores atuais, bem como identificar e potenciar novos parceiros estratégicos (Guedes et al., 2010).

#### **2.3.1. O processo da compra**

De um modo geral, o processo de compra (*procurement*) é dividido em duas fases (Figura 1), o *sourcing* (*strategic procurement*) e o *purchasing / ordering* (*operational procurement*). A fase de *sourcing* integra três etapas fundamentais: a definição das especificações, a seleção de fornecedores e a formalização do contrato, já a fase de *purchasing / ordering* (*operational*

*procurement*) inclui as atividades operacionais associadas à encomenda, monitorização e avaliação do desempenho do fornecedor.



**Figura 1** - Processo de compra (Fonte: Carvalho, José (2010). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. 3ª edição)

Com base nesta sequência, é possível estabelecer uma aproximação conceptual ao processo de compra baseado no trabalho do autor Van Weele (1994), o qual procura clarificar o papel e a interligação de cada uma das fases do processo, reforçando a sua importância no desempenho da função de compra nas organizações.

- Formalizar especificações – esta etapa envolve a definição dos requisitos de compra, sendo a empresa confrontada com a decisão “*make or buy*”. Cabe à empresa determinar quais os produtos e serviços que vão ser produzidos pela empresa e quais vão ser comprados. Este processo inicia-se com a definição das especificações funcionais e técnicas dos itens a comprar.
- Selecionar fornecedores – uma vez definidos e descritos os requisitos de aquisição, o comprador poderá iniciar o processo de pesquisa de mercado. Esta fase é essencial no ciclo de compras e envolve a tomada de decisões estratégicas quanto a diversos aspetos, nomeadamente:
  - A escolha do modelo de subcontratação a adotar, seja ele total ou parcial;
  - A definição dos critérios de qualificação preliminar para os potenciais fornecedores;
  - A solicitação de propostas, seguida da sua análise crítica e comparativa;
  - A seleção do fornecedor que melhor responda às necessidades identificadas.
- Contratação – depois de selecionado o fornecedor poderá ter de ser elaborado um contrato, sendo que os principais pontos deste são: preço e condições de entrega; condições de pagamento; cláusulas de penalização e condições de garantia.
- Encomenda e monitorização – uma vez que os termos e condições do contrato estejam acordados e este esteja assinado, a encomenda pode ser colocada. A encomenda deve ser clara e específica relativamente às informações e instruções que são transmitidas ao fornecedor, devendo colocar todos os elementos necessários de forma a evitar problemas administrativos e/ou logísticos posteriores.

- Avaliação – nesta fase, procura-se maximizar a criação de valor resultante da intervenção do responsável pelas compras. A avaliação permite identificar pontos fortes e oportunidades de melhoria em todo o processo, contribuindo para o aperfeiçoamento contínuo da função de *procurement*. Este momento reveste-se de particular importância, pois visa garantir que a experiência adquirida seja aplicada em fases futuras, nomeadamente na definição de requisitos e na seleção de fornecedores.

Na empresa em estudo, pertencente à indústria do papel, o processo de compras no âmbito da manutenção segue as etapas anteriormente referidas. Contudo, a organização adota uma abordagem mais detalhada, estruturando o processo em nove fases distintas, conforme descrito internamente:

1. Definição das especificações: as especificações dos materiais e/ou serviços a comprar devem ser definidas pelos utilizadores com competência técnica na área em questão. Nesta etapa, devem ser identificadas as características técnicas, funcionais e operacionais dos bens ou serviços necessários, como, por exemplo, peças para as linhas de produção, componentes para máquinas, máquinas de pequeno porte e respetivas reparações, ferramentas, empilhadores e respetivas peças. Uma definição precisa e detalhada contribui significativamente para a eficácia das etapas subsequentes do processo de aquisição.
2. Análise do pedido de compra: as requisições de compras têm início no departamento da manutenção com necessidade de um produto ou serviço. Nesta fase, deve ser formada uma ideia global sobre todos os aspetos relevantes, ou seja, a identificação do requisitante / departamento, a identificação e especificação do material / serviço, quantidade, data e local de entrega exigidos e qualquer outra informação complementar necessária.
3. Seleção de fornecedores: o responsável pelas compras procede à identificação e seleção dos fornecedores a quem será enviado o pedido de cotação. Para os bens e serviços de aquisição recorrente, a organização dispõe de uma lista de fornecedores previamente aprovados, facilitando a escolha e agilizando o processo. No entanto, no caso de uma aquisição pontual ou de um artigo novo, é necessário realizar uma pesquisa de mercado com vista à identificação de potenciais fornecedores que cumpram os requisitos definidos, assegurando a qualidade, a fiabilidade e a competitividade da proposta.
4. Consulta a fornecedores / cotações: para compras de grandes valores, é feita uma solicitação de cotação a um número maior de fornecedores. Tanto estas como as de pequeno valor, as consultas devem indicar o prazo para receção das propostas dos fornecedores e os critérios de seleção, em que o preço pode não ser o único parâmetro decisivo, ou seja, há parâmetros que também podem influenciar na seleção do fornecedor, tais como, a qualidade, prazos de entrega, capacidade de resposta a pedidos urgentes, prazos de pagamento, etc.
5. Análise de propostas: após rececionar as cotações dos fornecedores, procede-se à sua análise com base em vários critérios, tais como o preço proposto, a conformidade com as especificações técnicas, as condições de venda, o prazo de entrega e os termos de

pagamento. Normalmente, para facilitar a comparação e garantir uma avaliação objetiva e rigorosa é elaborada uma tabela em Excel, onde são sistematizadas todas as variáveis relevantes. Esta tabela é posteriormente submetida para aprovação e após ser validada, com a indicação do fornecedor selecionado, é que se avança para a fase de adjudicação da encomenda.

6. Adjudicação da encomenda: após a análise comparativa das propostas e a seleção do fornecedor mais adequado, procede-se à formalização do pedido de compra. Este é elaborado com base na requisição inicial e/ou na cotação aprovada, podendo ainda incluir informações adicionais relevantes para a correta execução da encomenda. Posteriormente é enviado, preferencialmente por *email*, o pedido ao fornecedor com a identificação da empresa e o respetivo número de referência da encomenda. Concluído este processo, a documentação associada (incluindo a aprovação e o comprovativo do pedido) é devidamente arquivada, garantindo a rastreabilidade e o controlo documental do processo de aquisição.
7. Seguimento da encomenda: esta etapa consiste em monitorizar o cumprimento dos prazos estabelecidos, garantindo que os materiais ou serviços são entregues de acordo com o prazo acordado. O departamento de compras é responsável por assegurar uma comunicação eficaz com os fornecedores, de modo a antecipar eventuais atrasos e a tomar medidas corretivas, caso necessário, assegurando assim a continuidade das operações e a fiabilidade do processo logístico.
8. Receção e conferência das encomendas: o departamento de receção deve garantir que os bens entregues correspondem aos artigos efetivamente encomendados, em termos de tipo, quantidade e qualidade, garantindo igualmente que não apresentam danos decorrentes do transporte. Este departamento aceita as mercadorias e regista as alterações (no documento de receção), qualquer não-conformidade deve ficar registada e ser comunicada. As compras podem acompanhar a receção através dos documentos de entrada ou através do sistema informático. Sempre que se verifique uma não conformidade, seja ao nível da quantidade ou da qualidade, cabe ao departamento de compras decidir as ações corretivas a implementar, como a devolução ou substituição dos bens. Se, por outro lado, as mercadorias estiverem em conformidade, estas são enviadas para o departamento requisitante ou para *stock*, conforme o previsto. Com a receção finalizada e validada, considera-se o processo de compra concluído, sendo o fecho do mesmo comunicado ao departamento de compras.
9. Aprovação da fatura para pagamento: após a receção da fatura emitida pelo fornecedor, procede-se à sua verificação com base em três documentos fundamentais - o pedido de compra, o documento de receção e a fatura. É função do departamento de compras verificar a conformidade dos artigos, quantidades e preços (descontos), garantindo que estão de acordo com o contratado, que deverá resolver eventuais discrepâncias identificadas. Uma vez confirmada a conformidade da documentação e do fornecimento, a fatura é anexada ao processo de compra, juntamente com a respetiva aprovação (referida na fase 6), sendo

posteriormente encaminhada para o departamento financeiro, que dará seguimento ao processamento do pagamento.

### 2.3.2. Variáveis chave das compras

Costa et al. (2015) destaca a importância de identificar as variáveis que influenciam as decisões de compra de bens e serviços nas organizações, além de estabelecer uma estrutura para sua análise. Santos & Ponte (1998) defendem que “as variáveis relevantes para a avaliação de cada alternativa, visando à escolha daquela que melhor atenda aos objetivos da empresa respeitando sempre as particularidades da empresa”.

Segundo Chaves (2002) a definição de alternativas de compra nas organizações depende da análise de variáveis de decisão, que devem considerar a realidade operacional da empresa. Um modelo específico deve integrar essas variáveis para auxiliar o gestor a escolher a melhor alternativa, otimizando resultados. Garcia (2003) acrescenta que as variáveis podem variar conforme o tipo de empresa, setor, nível de desenvolvimento da atividade de compras e estratégias organizacionais.

Na Tabela 1, destacam-se algumas variáveis chave:

Qualidade	Refere-se tanto à especificação do produto a fornecer como à capacidade do fornecedor para garantir os padrões exigidos. A garantia da qualidade é um princípio fundamental na relação de parceria ao longo da cadeia de abastecimento, onde a empresa compradora define claramente os seus requisitos, o fornecedor cumpre o pedido e, posteriormente, o comprador verifica se o material fornecido está conforme as especificações.
Quantidade	Pode servir para formar <i>stock</i> , aproveitar descontos ou ser usada diretamente na produção. Embora a tendência seja reduzir <i>stocks</i> e comprar para uso imediato, manter <i>stock</i> garante segurança na cadeia de abastecimento, evitando custos de falhas na produção ou entrega. As empresas procuram reduzir o tempo de pedido, melhorar previsões e otimizar o planeamento da produção para minimizar quantidades armazenadas.
Prazo de entrega	Também conhecida como <b>lead time</b> , refere-se ao período entre o início e o fim do processo. Pode ser tão ou mais importante do que o preço, pois impacta a rapidez no atendimento, a fiabilidade do fornecimento e a flexibilidade operacional. Numa negociação, podem ser definidos vários prazos, como de entrega, transporte, pagamento, garantia e validade.

Preço	É uma das principais variáveis da negociação. O <b>preço de compra</b> corresponde ao valor faturado, sem encargos adicionais e já com os descontos aplicados. Já o <b>preço de custo</b> é o valor do material à entrada da empresa, incluindo todos os encargos da compra e deduzindo os descontos negociados.
-------	--

*Tabela 1 - Principais variáveis chave (Fonte: Adaptado (D. A. Costa et al., 2015) e (Guedes et al., 2010))*

## 2.4. A seleção dos fornecedores

A avaliação e a seleção de fornecedores são das principais tarefas da função compras, sendo das atividades onde se investe mais recursos. Existem indicadores que apontam que cerca de 50% dos problemas de qualidade resultam de uma inadequada seleção e gestão da base de fornecedores. Uma seleção adequada destes pode vir a reduzir ou evitar um número significativo de problemas no futuro (Guedes et al., 2010).

O objetivo desta atividade no âmbito da função compras consiste em reduzir o risco associado ao processo de compra e, simultaneamente, maximizar o valor gerado para o comprador. Para tal, é fundamental que os compradores selecionem fornecedores que sejam capazes de satisfazer os requisitos de performance estabelecidos, mas que também demonstrem abertura e capacidade para se envolverem em processos de melhoria contínua, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e competitivo da cadeia de abastecimento. Assim, torna-se necessário avaliar unicamente os fornecedores que têm boas hipóteses de se qualificarem para fornecerem um determinado produto ou serviço (Guedes et al., 2010).

O mesmo autor refere que todo o processo de seleção e avaliação passa por sete etapas:

### 1ª - Reconhecimento da necessidade

Frequentemente ocorre uma requisição interna, mas pode também acontecer que o processo se inicie com antecipação a uma necessidade futura de um determinado produto ou serviço.

### 2ª - Quais os requisitos?

A empresa deve definir os requisitos mínimos esperados dos fornecedores nas diferentes áreas: qualidade, custos, competências tecnológicas, entregas, ...

### 3ª - Estratégia de *sourcing*?

Não existe uma estratégia única que satisfaça todas as necessidades do departamento de compras. Por isso, ao definir uma estratégia de *sourcing* esta define a orientação relativamente ao número de fornecedores a quem o produto / serviço vai ser comprado, número total de fornecedores a manter na base, fornecedores nacionais ou internacionais, contratos de curto ou longo prazo a serem estabelecidos, natureza das relações com os fornecedores, ...

#### **4ª - Fontes de abastecimento?**

O grau em que os compradores devem procurar informação sobre os fornecedores é a capacidade que os mesmos têm em satisfazer os requisitos e a importância estratégica ou complexidade tecnológica envolvida. Os compradores têm de se basear em várias fontes de informação quando procuram identificar potenciais fornecedores para um determinado produto / serviço.

#### **5ª - Limitar o número de fornecedores**

As restrições de tempo e recursos impõem a necessidade de limitar o número de fornecedores que vão ser sujeitos a uma análise mais profunda. Claramente aqueles que não são capazes de cumprir com os seus requisitos são eliminados da lista.

#### **6ª - Qual o método?**

O método de seleção é influenciado por várias variáveis, tais como: importância da compra em termos de volume, de performance do produto final e se se trata de uma compra nova, modificada ou repetida. Os principais critérios para avaliá-los podem ser divididos em quatro: o preço, o serviço, a qualidade e a entrega.

#### **7ª - Selecionar o fornecedor**

As atividades associadas a esta última etapa podem variar de produto para produto a ser adquirido. Há casos em que a empresa pode tornar-se bastante complexa, em que o comprador e o fornecedor podem ter de se envolver em negociações muito detalhadas para conseguir alcançar um acordo.

Uma vez ponderados os diversos fatores, a decisão final pode ser formalizada com base na alternativa que apresenta o melhor desempenho global face aos critérios estabelecidos.

### **2.5. Métodos multicritério**

Para tomar decisões, é comum analisar diferentes perspetivas sobre um problema em questão, no entanto muitas das vezes a situação revela-se complexa e depende de múltiplos critérios. Por essa razão é essencial avaliar e reavaliar alternativas, bem como considerar de que forma as suas consequências influenciam no final (Fernandes et al., 2023).

Muitos estudos que envolvem este tipo de tomada de decisão recorrem à Análise Multicritério (*MultiCriteria Decision Analysis – MCDA*) para solucionar o problema em questão, nos quais estão envolvidos diversos critérios. O objetivo das metodologias MDCA é apoiar o decisor na organização e síntese da informação, permitindo-lhe tomar uma decisão com maior segurança e clareza. Estas metodologias tornam explícita e geram a subjetividade envolvida, enquanto também reduzem o risco da decisão adotada ser ótima segundo um dos critérios avaliados, mas inaceitável de acordo com outro (Ayala & Frank, 2013).

Num problema de apoio à decisão multicritério, é essencial, em primeiro lugar, estabelecer claramente o objetivo da análise. Deve-se igualmente definir as alternativas ou ações a considerar (as quais podem ser avaliadas individualmente), os critérios de avaliação (que permitem a

comparação das ações sob diferentes perspetivas), o método de apoio à decisão a ser usado e a identificação do decisor, isto é, o responsável por emitir juízos de valor sobre as alternativas e os critérios adotados (Mello et al., 2010).

### **Etapas e métodos**

Mello et al. (2010) identificam duas fases fundamentais nos processos de apoio à decisão multicritério:

**Fase de estruturação** – segundo C. Costa & Ferreira (2000) esta fase representa aproximadamente 80% do esforço total envolvido na resolução de um problema de decisão. Nesta fase, procede-se à formulação do problema e à identificação dos objetivos a atingir. Consiste em identificar, descrever e organizar os fatores considerados relevantes no processo de apoio à decisão. Inclui a definição dos objetivos do decisor, a identificação das alternativas viáveis e a determinação dos critérios que influenciarão o processo de decisão, que variam consoante o problema em questão. Trata-se de uma fase interativa e dinâmica, uma vez que estabelece uma linguagem comum entre os intervenientes, facilita o debate e potencia a aprendizagem conjunta.

**Fase de avaliação** – esta fase pode ser dividida em duas subfases: a **avaliação parcial**, que consiste na análise das alternativas (ações) em função de cada critério, e a **avaliação global**, que agrega as diversas avaliações parciais com vista à obtenção de uma ordenação ou seleção das alternativas. Para realizar esta avaliação, é essencial escolher um dos métodos de apoio à decisão normalmente classificados em duas categorias: **métodos para problemas multiatributo** e **métodos para problemas multiobjetivo**. Os problemas multiobjetivo envolvem problemas de otimização, em que a solução não é uma escolha entre alternativas fixas, mas sim encontrar soluções ótimas (no sentido do ótimo de Pareto), isto é, existem múltiplos objetivos a otimizar simultaneamente e potencialmente conflitantes. Os problemas multiatributos (os mais comuns no dia-a-dia) envolvem uma única alternativa a ser escolhida entre várias opções, em que esta é avaliada com base em vários critérios, sendo o principal objetivo escolher a melhor alternativa com base na análise de critérios (Mello, 2010).

Abaixo apresentam-se os métodos mais frequentemente utilizados na resolução de problemas de decisão multicritério:

- AHP (*Analytic Hierarchy Process*)
- ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalite*)
- MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*),
- TODIM (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério)
- UTA (*Utilité Additive*)
- PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*)

- *Fuzzy-TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)*

O método AHP, também conhecido como Processo de Análise Hierárquica, é amplamente utilizado em contextos de decisão multicritério, destacando-se pela sua estrutura lógica e sistemática. Desenvolvido por Saaty (1987), este método permite estruturar um problema complexo de tomada de decisão numa hierarquia, compreendendo pelo menos três níveis: os objetivos, os critérios e as alternativas.

A atribuição dos pesos aos critérios é realizada através da construção de uma matriz de comparações paritárias, na qual os critérios são avaliados dois a dois quanto à sua importância relativa. Esta avaliação subjetiva é, posteriormente, quantificada utilizando a teoria algébrica dos valores próprios, permitindo assim obter uma ponderação coerente para cada critério. Uma das mais valias deste método é a sua capacidade de incorporar julgamentos qualitativos dos decisores, convertendo-os em dados quantitativos, possibilitando a análise de problemas complexos com forte componente subjetiva (Pinho, 2019).

Segundo Roy (1968) o método ELECTRE consiste em desenvolver uma relação resultante a partir da qual se possa justificar a eliminação de um subconjunto  $E$  (conjunto de objetos sobre os quais  $n$  pontos de vista permitem definir  $n$  pré-ordens completas) para restringir o problema da escolha a subconjuntos complementares ou ainda revelar uma classificação dicotômica de um determinado tipo. De uma forma geral, este método faz a comparação de forma minuciosa de cada uma das alternativas e das suas consequências com o objetivo de encontrar uma alternativa que prevaleça de acordo com os interesses do decisor (Fernandes et al., 2023).

O método PROMETHEE, baseia-se na construção de uma relação de sobre classificação baseada na comparação par a par das alternativas segundo múltiplos critérios. Destaca-se por incorporar conceitos e parâmetros com uma interpretação intuitiva, frequentemente com significado físico ou económico, facilitando a sua compreensão por parte dos decisores (Almeida & Costa, 2002). A abordagem PROMETHEE tem sido amplamente descrita na literatura especializada e aplicada com sucesso a uma diversidade de contextos e problemas de decisão, nomeadamente nas áreas da Banca, Localização Industrial, Planeamento de Recursos Humanos, Gestão de Recursos Hídricos, Investimentos, Medicina, Química, Saúde, Turismo, entre outras. O sucesso deste método deve-se, em grande parte, às suas sólidas bases matemáticas aliadas à simplicidade da sua aplicação prática (Mareschal & Brans, 2005, p.164).

O método *Fuzzy-TOPSIS* resulta da combinação da lógica *fuzzy* com o método TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*). Esta abordagem é particularmente eficaz na gestão da incerteza e da imprecisão inerentes aos processos de tomada de decisão, utilizando números *Fuzzy* para avaliar alternativas com base em múltiplos critérios (Lima & Carpinetti, 2015). A lógica *Fuzzy* permite traduzir julgamentos subjetivos e linguísticos em valores numéricos, conferindo maior flexibilidade e realismo à análise. Ao longo deste trabalho, tanto o método *Fuzzy-TOPSIS* como o método PROMETHEE serão explorados com mais detalhe, tendo em vista a sua aplicação prática ao problema de seleção de fornecedores no contexto do problema abordado.

Nas Tabelas 2 e 3, apresentam-se estudos realizados em Portugal e no contexto internacional, respetivamente, que abordam o tema da seleção de fornecedores com recurso à aplicação de métodos multicritério de apoio à decisão. Estes estudos ilustram a diversidade de contextos, setores de atividade e metodologias utilizadas, evidenciando a relevância e a aplicabilidade prática destes métodos na tomada de decisões estratégicas no âmbito das compras.

Título trabalho	Autor	Ano	Método (s) utilizado (s)
“Modelo de apoio à decisão multicritério para seleção de fornecedores de fibra de vidro. Um estudo de caso numa indústria eólica”	Rodrigues, Celina Verónica Gonçalves	2021	AHP e PROMETHEE
“Comparative Analysis of Multicriteria Decision Making Methods”	Mota, Pedro Jorge Gomes	2013	AHP e PROMETHEE
“Data Normalization in Decision Making Processes”	Vafaei, Nazanin	2021	TOPSIS, AHP e ELECTRE
“Modelo de apoio à decisão multicritério para seleção de fornecedores de folha de Flandres - um estudo de caso na empresa CAN”	Pinho, Rafaela Ribeiro de	2019	AHP e PROMETHEE

**Tabela 2** – Estudos em Portugal sobre a seleção de fornecedores aplicando os métodos multicritério (Fonte: Própria)

Título trabalho	Autor	Ano	Método (s) utilizado (s)
“Aplicação dos métodos <i>Fuzzy-AHP</i> e <i>Fuzzy-TOPSIS</i> no apoio à seleção de fornecedores – um estudo de caso em uma empresa de catering offshore”	Hernandes, Sarah Beatriz Rangel	2002	<i>Fuzzy-AHP</i> e <i>Fuzzy-TOPSIS</i>
“Comparação entre os métodos <i>Fuzzy-TOPSIS</i> e <i>Fuzzy-AHP</i> no apoio à tomada de decisão para a seleção de fornecedores.”	Junior, Francisco Rodrigues Lima	2013	<i>Fuzzy-TOPSIS</i> e <i>Fuzzy-AHP</i>
“An Application of <i>Fuzzy-Topsis</i> Method for Supplier Selection”	Mehmet Sevkli Selim Zaim Ali Turkyilmaz Metin Satır (2010)	2010	Fuzzy TOPSIS

<p>“Prioritization Of Plants In The Choghart Iron Ore Mine Reclamation Project By Promethee Method And Comparison With The Results Of The Fuzzy Topsis Method (Case Study: Choghart Iron Ore Mine)”</p>	<p>A.Ebrahimabadi I.Alavi M.Batebi H.Bibakian</p>	<p>2017</p>	<p><i>Fuzzy-AHP, Fuzzy-TOPSIS e PROMETHEE</i></p>
---	---	-------------	---

**Tabela 3** - Estudos Internacionais sobre a seleção de fornecedores aplicando os métodos multicritério (Fonte: Própria)

### **3. Metodologia**

#### **3.1. Definição de critérios**

Os critérios de decisão constituem parâmetros, de natureza quantitativa e/ou qualitativa, utilizados na avaliação dos aspetos considerados relevantes no âmbito de um determinado problema de decisão. No presente trabalho, estes critérios serão analisados tendo como foco a sua aplicação ao problema da seleção de fornecedores.

A definição dos critérios é, habitualmente, da responsabilidade dos decisores, sendo realizada com base na sua perceção sobre a importância relativa de cada critério, considerando o conjunto de alternativas disponíveis, bem como os fatores que influenciam a tomada de decisão (Dias, 2015). Os critérios de seleção de fornecedores constituem, assim, aspetos fundamentais que permitem comparar e avaliar as partes envolvidas, orientando o desenvolvimento de parcerias sustentáveis e eficazes (Pereira et al., 2017).

Dickson (1966) identificou, através da análise de questionários aplicados a gestores de compras, um total de 23 critérios considerados relevantes na seleção de fornecedores, entre os quais se destacam o preço, a qualidade, a pontualidade nas entregas, a reputação e a capacidade técnica. Esta investigação constitui uma das bases teóricas mais relevantes na área da gestão de compras e continua a ser amplamente referenciada em estudos posteriores.

Segundo Dias (2015), no contexto de seleção de fornecedores, os critérios adotados devem obedecer a um conjunto de requisitos fundamentais para garantir a sua eficácia e relevância no processo de decisão. Em primeiro lugar, devem ser consistentes com os objetivos estratégicos da empresa, assegurando a coerência entre a decisão de compra e a visão de longo prazo da empresa. Além disso, devem ser definidos de forma precisa e com denominações específicas, evitando ambiguidades que possam comprometer a clareza da análise. Os critérios devem ainda apresentar um carácter universal, de modo a poderem ser aplicados e comparados em diferentes contextos e circunstâncias, e possibilitar a realização de comparações significativas entre as alternativas disponíveis. Por fim, é essencial que evidenciem independência entre si, evitando redundâncias e garantindo que cada critério avalia uma dimensão distinta do problema em análise.

Em relação à quantidade de critérios, esta pode revelar-se um fator determinante na escolha do método multicritério a utilizar. Os critérios selecionados devem refletir, de forma pormenorizada quanto possível, as situações de preferência do decisor, permitindo uma análise robusta e fundamentada. No entanto, é igualmente importante que o número de critérios seja reduzido ao essencial, de modo a facilitar a sua operacionalização e evitar complexidades excessivas que possam comprometer a eficácia do processo de decisão (Dias, 2015).

Nas Tabelas 4 e 5, encontram-se apresentados de forma detalhada os critérios utilizados na empresa em estudo para a seleção do fornecedor mais adequado.

Estes critérios são organizados em duas categorias principais, conforme a prática adotada pela organização, "critérios a avaliar na seleção de um fornecedor " e "critérios a avaliar após receção da encomenda "

- **Critérios a avaliar na seleção de um fornecedor:**

<b>Preço</b>	Critério quantitativo, refere-se ao valor que a empresa paga a um fornecedor na compra de um material. É um critério a ser minimizado e a unidade de medida deste é o euro (€).
<b>Lead Time</b>	Critério quantitativo, trata-se do tempo decorrido entre a colocação do pedido e a receção do material. Quanto menor for este prazo melhor, ou seja, é um critério a ser minimizado.
<b>Custos de Transporte</b>	Critério quantitativo, associado aos encargos financeiros que o fornecedor cobra para a entrega do material nas instalações do comprador. Em termos gerais, estes custos dizem respeito apenas ao valor do transporte propriamente dito, no entanto, podem incluir outros encargos, como seguro de transporte ou taxas alfandegárias, dependendo das condições acordadas. É um critério a ser minimizado.

*Tabela 4 - Critérios a avaliar na seleção de fornecedores (Fonte: Própria)*

- **Critérios a avaliar após receção da encomenda:**

<b>Cumprimento do prazo de entrega</b>	Critério qualitativo, está relacionado com o cumprimento do prazo de entrega por parte dos fornecedores e se as quantidades fornecidas coincidem com as encomendas. É um critério a ser maximizado.
--	---

<b>Serviço pós-venda</b>	Critério qualitativo, onde é avaliado o tempo de resposta, a qualidade e a eficiência do suporte oferecido pelo fornecedor após a venda do produto, incluindo assistência técnica, reclamações, devoluções e garantias. É um critério a ser maximizado.
--------------------------	---

*Tabela 5 - Critérios a avaliar após recepção de encomenda (Fonte: Própria)*

### 3.2. Métodos decisão multicritério

#### 3.2.1. PROMETHEE

O método PROMETHEE foi desenvolvido em 1982 por Brans & Vincke (1985), e nesse mesmo ano foram apresentados pela primeira vez o **PROMETHEE I – Classificação Parcial**, o qual permite uma classificação parcial das alternativas e o **PROMETHEE II – Classificação Completa**, o qual utiliza o fluxo líquido para estabelecer uma ordem completa das alternativas, numa conferência organizada por R. Nadeu e M. Landry, no Canadá (Marques, 2019).

Posteriormente, Mareschal & Brans (2005) desenvolveram o **PROMETHEE III – Classificação baseada em Intervalos**, o qual permite uma classificação robusta, utilizando intervalos de preferência em vez de valores fixos e o **PROMETHEE IV – Caso Contínuo**, que permite trabalhar com um conjunto contínuo de alternativas. Estes autores propuseram em 1988 o módulo visual interativo **GAIA** (*Graphical Aalysis for Interactive Assistance*), o qual exibe graficamente num espaço multidimensional, a posição relativa das alternativas em relação aos critérios e os conflitos entre os critérios (Mareschal & Macharis, 1998).

Em 1992 e 1994, os mesmos autores sugeriram ainda mais duas extensões desde método, o **PROMETHEE V – Com Restrições**, onde integra restrições lógicas e matemáticas no processo de decisão e **PROMETHEE VI – Com Múltiplos Decisores**, permite trabalhar com vários decisores, combinando preferências diferentes através de técnicas de agregação de julgamentos.

O método PROMETHEE foi assim concebido para apoiar a resolução de problemas de natureza multicritério, destacando-se pela clareza e acessibilidade da informação necessária para a sua aplicação. De acordo com Mareschal & Brans (2005), este método requer dois tipos fundamentais de informação: informação entre critérios e informações dentro de cada critério. O peso dos critérios constitui as informações entre critérios, enquanto as informações dentro de cada critério referem-se às funções de preferência relativas a cada critério.

- **Informação entre critérios (atribuição de pesos):**

O método PROMETHEE exige a definição da informação entre critérios, que se traduz na atribuição de pesos de importância relativa a cada critério. Denota-se esse conjunto por  $w_j, j = \{1, 2, \dots, k\}$  onde cada  $w_j$  representa o peso atribuído ao critério  $j$ , indicando a sua importância relativa na decisão

(quanto maior o peso mais importante é o critério). Estes pesos devem satisfazer as seguintes condições:

- Todos os pesos devem ser não negativos, isto é,  $w_j \geq 0, \forall j = 1, 2, \dots, k$
- A soma de todos os pesos deve ser igual a 1, ou seja,

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1 \quad (1)$$

A definição adequada dos pesos é crucial, uma vez que influencia diretamente os índices de preferência agregados calculados pelo método. Os pesos podem ser atribuídos com base na experiência dos decisores, por métodos diretos (como escalas de avaliação) ou por técnicas mais formais como o AHP, desde que se integrem posteriormente na estrutura do PROMETHEE.

- **Informação dentro de cada critério (funções de preferência):**

No método PROMETHEE, a análise não se baseia na atribuição de uma utilidade absoluta a cada alternativa, mas sim em comparações emparelhadas entre as alternativas, em cada critério.

Para cada critério  $j$ , calcula-se a diferença (ou desvio) entre o desempenho de duas alternativas  $a$  e  $b$ , designado por:

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (2)$$

onde  $g_j(a)$  representa o desempenho da alternativa  $a$  no critério  $j$ . Este desvio é então transformado numa função de preferência parcial, que expressa o grau de preferência da alternativa  $a$  sobre a alternativa  $b$  relativamente ao critério  $j$ :

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad \forall a, b \in A \quad (3)$$

Onde

$$0 \leq P_j(a, b) \leq 1 \quad (4)$$

Neste contexto:

- Se  $P_j(a, b) = 0$ , o decisor não manifesta preferência por  $a$  em relação a  $b$  no critério  $j$ ;
- Se  $P_j(a, b) = 1$ , existe uma preferência total por  $a$  relativamente a  $b$  nesse critério.

Além disso, verifica-se a seguinte propriedade de assimetria:

$$P_j(a, b) > 0 \Rightarrow P_j(b, a) = 0 \quad (5)$$

Esta condição garante que, uma vez expressa uma preferência de  $a$  sobre  $b$ , não pode simultaneamente haver preferência de  $b$  sobre  $a$  no mesmo critério.

### Maximização e Minimização

No caso de **maximização** do critério (quanto maior o valor, melhor), usa-se diretamente o desvio  $d_j(a, b)$ .

No caso de **minimização**, o desvio deve ser invertido, aplicando:

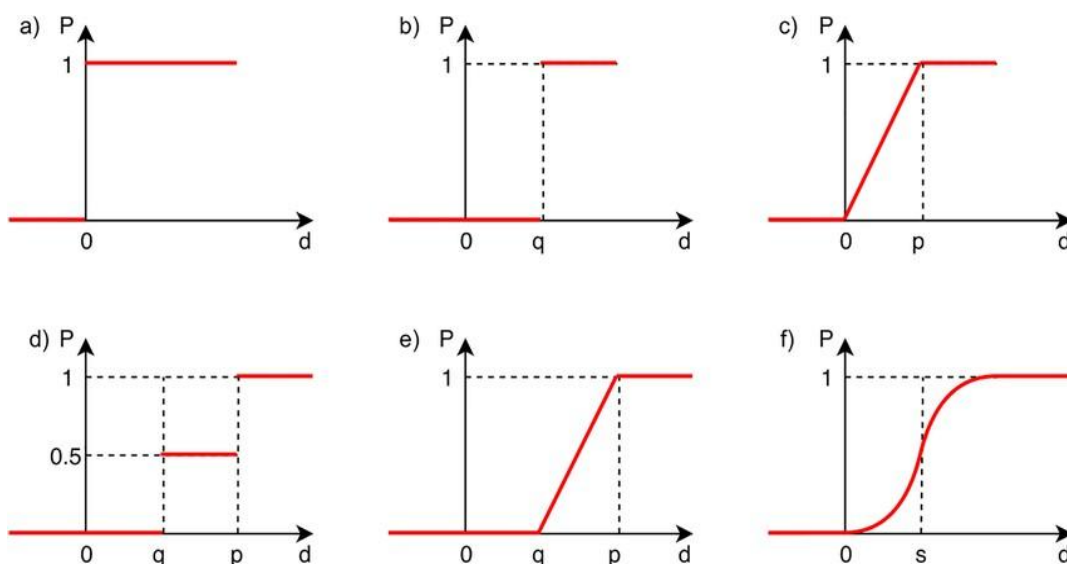
$$P_j(a, b) = F_j[-d_j(a, b)] \quad (6)$$

### Funções de preferência

Este método exige que se associe uma função de preferência a cada critério para modelar a forma como o decisor percebe a escala de medição do critério. Assim, Mareschal & Brans (2005) propuseram seis funções de preferência (figura 2), cada uma adequada a diferentes contextos e escalas de avaliação. Estas funções são parametrizadas por:

- $q$  é o limite de indiferença;
- $p$  é o limite total de preferência;
- $s$  é o parâmetro de suavização da curva que define a curva Gaussiana.

O limite de indiferença  $q$  é o maior desvio que é considerado insignificante pelo decisor, enquanto o limite de preferência  $p$  é o menor desvio e é considerado suficiente para gerar uma preferência total. Já o parâmetro  $s$  é como um ponto de inflexão da função de preferência Gaussiana e deve ser selecionado como um valor entre  $q$  e  $p$ .



**Figura 2** - Funções preferência: a) Usual; b) U-Shape; c) V-Shape; d) Level; e) Linear; f) Gaussian (Fonte: Adaptado de (Karczmarczyk et al., 2018))

As seis funções de preferência, segundo Almeida & Costa (2002), de uma forma mais detalhada:

- a) Usual – Não exige a definição de qualquer parâmetro fixo, o que significa que qualquer desvio ( $d$ ), por menor que ele seja, entre um par de alternativas é considerado no cálculo da preferência. O grau de preferência assume o valor 0 sempre que não exista diferença entre as alternativas (quando o desvio  $d$  é 0) e o valor 1 quando  $d$  é diferente de 0, refletindo assim uma preferência. Esta função é geralmente utilizada quando o decisor não consegue decidir os valores de indiferença ( $q$ ) e de preferência ( $p$ ).
- b) U-Shape – esta requer a definição prévia do limiar de indiferença ( $q$ ), o qual representa o valor a partir do qual o decisor considera ser indiferente na escolha entre duas alternativas. Trata-se de uma função com um comportamento binário, assumindo exclusivamente os valores 0 ou 1.
- c) V-Shape – esta exige a definição de único parâmetro de preferência ( $p$ ). A função de preferência pode assumir valores entre 0 e 1, mas quando o desvio for superior ao valor de ( $p$ ) então a função deverá assumir o valor 1.
- d) Level – exige a definição prévia dos dois parâmetros, o de indiferença ( $q$ ) e o de preferência ( $p$ ). Se o desvio entre duas alternativas for inferior a ( $q$ ), considera-se que não há preferência (valor da função igual a 0), se for superior a ( $p$ ) assume-se preferência total (valor da função igual a 1). Nesta função de preferência, desvios que se situem entre os dois parâmetros atribui-se um valor intermédio fixo de 0,5, considerando-se uma preferência moderada.
- e) Linear – é exatamente igual à função de preferência d), sendo que a única diferença é quando o desvio se situa entre os dois parâmetros este não irá assumir um valor fixo, mas sim um valor entre 0 e 1.
- f) Gaussiana – esta função requer que o parâmetro  $s$  seja fixado, ou seja, se o desvio é 0 ou inferior então a função assume o valor 0. Caso o desvio for superior a 0 então a função terá um valor dado pela expressão:  $1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}$ .

Em geral, para dados qualitativos são usadas as funções “Level”, “U-shape” e “Usual”, já para os dados quantitativos são usadas as funções de preferência “V-Shape”, “Linear” e “Gaussiana”.

Tal como já foi dito acima o método PROMETHEE é baseado em comparações de pares de alternativas (Mareschal & Brans, 2005) e por isso, primeiro é definido o índice de preferência agregado e depois os fluxos.

Seja  $a, b \in A$  e:

$$\begin{cases} \pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b)w_j \\ \pi(b, a) = \sum_{j=1}^k P_j(b, a)w_j \end{cases} \quad (7)$$

$\pi(a, b)$  expressa o grau de preferência de  $a$  em relação a  $b$  em todos os critérios e  $\pi(b, a)$  como  $b$  é preferido a  $a$ . Na maioria dos casos existem critérios para os quais  $a$  é melhor que  $b$  e vice-versa, conseqüentemente  $\pi(a, b)$  e  $\pi(b, a)$  geralmente são positivos. As seguintes propriedades são válidas para todos  $a, b \in A$ .

$$\begin{cases} \pi(a, a) = 0 \\ 0 \leq \pi(a, b) \leq 1 \\ 0 \leq \pi(b, a) \leq 1 \\ 0 \leq \pi(a, b) + \pi(b, a) \leq 1 \end{cases} \quad (8)$$

É claro que:

- $\pi(a, b) = 0$  significa uma fraca preferência de  $a$  sobre  $b$  para todos os critérios;
- $\pi(a, b) = 1$  significa uma forte preferência de  $a$  sobre  $b$  para todos os critérios.

O fluxo de preferência positivo  $\phi^+(a)$  (Phi+) mede quando a alternativa  $a$  é preferida às restantes  $n - 1$ , é uma medida da força global da alternativa. Quanto maior o  $\phi^+(a)$  melhor a alternativa.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (9)$$

O fluxo de preferência negativo  $\phi^-(a)$  (Phi-) mede quando a alternativa  $a$  é preterida às restantes  $n - 1$ , é uma medida da global da fraqueza da alternativa. Quanto menor o  $\phi^-(a)$  melhor a alternativa.

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (10)$$

O fluxo de preferência líquido  $\phi(a)$  (Phi) é a diferença entre o fluxo de preferência positivo e o fluxo de preferência negativo:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (11)$$

Quanto maior o fluxo de preferência líquido melhor será a alternativa. São assim gerados dois rankings:

PROMETHEE I – ranking parcial, é obtido através dos fluxos positivo e negativo.

PROMETHEE II – ranking complete, é a diferença entre os fluxos positivo e negativo.

Assim,

Uma alternativa  $a$  será melhor que  $b$  se  $\phi(a) > \phi(b)$

Uma alternativa  $a$  será indiferente a  $b$  se  $\phi(a) = \phi(b)$

### 3.2.2. Fuzzy-TOPSIS

O *Fuzzy-TOPSIS* incorpora a lógica *Fuzzy* para realizar operações algébricas com números *fuzzy* triangulares (Lima & Carpinetti, 2015).

A teoria dos conjuntos *fuzzy* (*Fuzzy Set Theory* – FST) foi proposta por Zadeh (1965) e é utilizada na modelação de sistemas com categorias de elementos cujos limites são incertos, sendo estes determinados por propriedades subjetivas ou por atributos vagos.

A capacidade do FST em lidar com a incerteza deve-se, sobretudo, à lógica que estabelece o grau de inclusão dos elementos nos conjuntos *Fuzzy*: a FST representa um conjunto *Fuzzy* através de uma função de pertinência:  $\mu_A(x): X \rightarrow [0.0; 1.0]$ , para permitir níveis parciais de inclusão (Zadeh, 1965).

Nesta teoria e numa lógica *Fuzzy*, como  $\mu_A(x)$  toma valores no intervalo  $[0.0; 1.0]$ , admite-se a existência de níveis intermédios entre os valores de pertinência “falso” (0.0) e “verdadeiro” (1.0) (Pedrycz & Gomide, 2007).

Posto isto, segundo Lima & Carpinetti (2015) para aplicar o método *Fuzzy-TOPSIS* é necessário seguir os passos abaixo descritos:

**1º passo:** agregar valores linguísticos fornecidos por cada um dos tomadores de decisão  $DM_r$  ( $r = 1, \dots, k$ ). A equação 12 é usada para agregar as pontuações das alternativas, em que nesta equação  $\tilde{x}_{ij}^r$  descreve as pontuações das alternativas  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) em relação ao critério  $C_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ). As avaliações dos pesos dos critérios são agregadas usando a equação 13 em que  $\tilde{w}_j^r$  descreve o peso do critério.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (12)$$

$$\tilde{W}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (13)$$

**2º passo:** montar uma matriz de decisão *fuzzy*  $\tilde{D}$  para as pontuações das alternativas e um vetor *fuzzy*  $\tilde{W}$  para o peso dos critérios de acordo com as equações.

$$\begin{array}{cccccc}
& C_1 & C_2 & \cdots & C_j & \cdots & C_m \\
A_1 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1j} & \cdots & \tilde{x}_{1m} \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
\tilde{D} = A_i & \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{im} \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
A_n & \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \cdots & \tilde{x}_{nj} & \cdots & \tilde{x}_{nm}
\end{array} \quad (14)$$

**3º passo:** normalizar a matriz  $\tilde{D}$  usando uma escala de transformação linear. A matriz normalizada  $\tilde{R}$  é dada pelas seguintes equações:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (15)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_{ij}}{u_j^+} + \frac{m_{ij}}{u_j^+} + \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right) \quad (16)$$

$u_j^+ = \max_i u_{ij}$  (critérios de benefício)

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_j^-}{u_{ij}} + \frac{l_j^-}{m_{ij}} + \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right) \quad (17)$$

$l_j^- = \min_i l_{ij}$  (critérios de custo)

**4º passo:** obter a matriz normalizada e ponderada  $\tilde{V}$  por meio da multiplicação dos pesos  $\tilde{w}_{ij}$  pelos elementos  $\tilde{r}_{ij}$  da matriz normalizada.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (18)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_{ij} \quad (19)$$

**5º passo:** definir a solução ideal positiva *Fuzzy* (*Fuzzy Positive Ideal Solution*, FPIS,  $A^+$ ) e a solução ideal negativa *Fuzzy* (*Fuzzy Negative Solution*, FNIS,  $A^-$ ). Em que:

$$A^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_j^+, \dots, \tilde{v}_m^+\}, \quad \tilde{v}_j^+ = \max_i \{u_{vij}\} \quad (20)$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_j^-, \dots, \tilde{v}_m^-\}, \quad \tilde{v}_j^- = \min_i \{l_{vij}\} \quad (21)$$

**6º passo:** calcular a distância  $D_i^+$ , entre os valores FPIS e as pontuações das alternativas da matriz  $\tilde{R}$  usando a equação 22 e calcular a distância  $D_i^-$  entre os valores FNIS e as pontuações das alternativas, aplicando a equação 24. Em ambas as equações  $d_v$  representa a distância entre os números *Fuzzy* de acordo com o Método *Vertex* que pode ser obtida por meio da equação 23 e 25.

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad (22)$$

$$d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_{ij} - l_{v_j^+})^2 + (m_{ij} - m_{v_j^+})^2 + (u_{ij} - u_{v_j^+})^2]} \quad (23)$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad (24)$$

$$d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_{ij} - l_{v_j^-})^2 + (m_{ij} - m_{v_j^-})^2 + (u_{ij} - u_{v_j^-})^2]} \quad (25)$$

**7º passo:** para cada uma das alternativas avaliadas calcular o coeficiente de aproximação  $CC_i$ :

$$CC_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (26)$$

**8º passo:** Por fim, ordena-se o coeficiente de aproximação por ordem decrescente. Quanto mais próximo de 1 for este valor melhor é o desempenho global da alternativa.

## **4. Aplicação da metodologia**

### **4.1. Formulação e estruturação do problema**

Segundo a empresa do setor da indústria de papel em estudo, esta tem vindo a investir na investigação e desenvolvimento, apostando na implementação da melhor tecnologia a nível mundial garantindo produtos de qualidade que são reconhecidos nos mercados mais exigentes. A organização destaca-se ainda pelo cumprimento dos padrões de qualidade e pela adoção de práticas que asseguram a sustentabilidade ambiental, social e económica. A sua atuação é orientada por um conjunto de valores estruturantes, nomeadamente a confiança, o empreendedorismo, a inovação, a sustentabilidade, a flexibilidade e a excelência.

#### **Etapas do funcionamento da Indústria de Papel em estudo**

A operação desta indústria assenta num conjunto de etapas fundamentais, as quais se articulam de forma sistemática para garantir a eficiência dos processos e a qualidade do produto final. As principais etapas são:

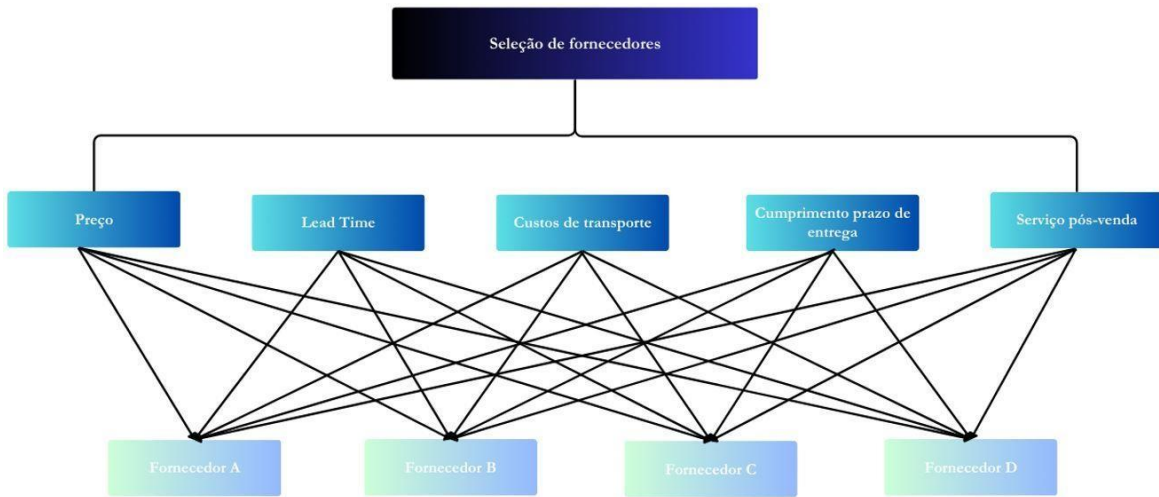
- Aquisição da pasta de papel
- Preparação da pasta conforme os produtos a que se destinam;
- Transferência da pasta para a máquina de papel;
- Produção do papel *tissue*;
- Controlo das especificações do produto;
- Embalamento das bobines;
- Armazenamento das bobines;
- Transformação do papel *tissue* em artigos de papel;
- Controlo das especificações do produto;
- Embalamento e paletização dos artigos de papel;
- Armazenamento dos artigos de papel;
- Venda e entrega dos artigos de papel.

A responsabilidade pelo processo de seleção de fornecedores cabe ao departamento de compras. No caso da empresa em estudo, este departamento encontra-se estruturado em duas áreas distintas, uma dedicada à aquisição de matérias-primas e outra direcionada à manutenção. Ambas as áreas são responsáveis por conduzir o processo de seleção dos fornecedores correspondentes às suas necessidades específicas. A exigência de selecionar um fornecedor, pode surgir em diversos contextos, tais como a substituição de um fornecedor atual com o intuito de reduzir custos, melhorar os prazos de entrega ou garantir maior eficiência no serviço de pós-venda. Este processo de seleção baseia-se num conjunto de critérios previamente definidos pela empresa, os quais serão abordados ao longo deste trabalho.

Adicionalmente, é importante que o departamento de compras avalie periodicamente os fornecedores, a fim de assegurar que os mesmos continuam a cumprir com os requisitos previamente estabelecidos.

## Estrutura do Problema

A estrutura do problema de decisão segue uma hierarquia organizada em três níveis, conforme ilustrado na Figura 3.



*Figura 3 - Estrutura do problema (Fonte: Própria)*

No topo da hierarquia encontra-se o objetivo principal, que consiste na seleção do fornecedor mais adequado. No segundo nível situam-se os cinco critérios de decisão, que orientam a avaliação das alternativas. Por fim, no terceiro nível, encontram-se as alternativas, representadas pelos quatro fornecedores analisados.

### 4.2. Recolha de dados

No presente trabalho foi utilizada uma abordagem metodológica de natureza mista, conjugando dados quantitativos e qualitativos, com o intuito de perceber o processo de seleção e avaliação de fornecedores na área da manutenção.

No que diz respeito aos dados quantitativos, os mesmos foram analisados e extraídos do *software* de gestão que a empresa em estudo utiliza, no qual foi possível identificar os materiais / peças mais adquiridas, assim como os respetivos fornecedores.

Numa vertente qualitativa, procedeu-se à análise de documentação interna da empresa, nomeadamente relatórios e fichas de avaliação de fornecedores. Esta documentação permitiu identificar os critérios utilizados no processo de seleção e monitorização dos fornecedores, bem como avaliar o desempenho atribuído a cada um ao longo do tempo. Paralelamente, foram realizadas entrevistas informais com o responsável pelo departamento de compras, com o objetivo de clarificar os procedimentos adotados, os critérios considerados relevantes, os respetivos pesos atribuídos e as práticas efetivamente aplicadas no contexto organizacional. Esta abordagem qualitativa permitiu obter uma compreensão mais aprofundada da lógica subjacente à tomada de decisão e à gestão do relacionamento com os fornecedores na empresa em estudo.

### 4.3. Aplicação método PROMETHEE

Para a aplicação deste método, foi considerada a estrutura representada na Figura 3, que contempla quatro alternativas (fornecedores) e cinco critérios de avaliação. Existe um decisor, responsável por atribuir um peso a cada um dos critérios, de acordo com a importância que cada um deles tem na sua perspetiva e conhecimento do contexto organizacional. A distribuição dos pesos foi realizada de forma fundamentada, tendo em conta a relevância de cada critério para o cumprimento dos objetivos estratégicos da empresa. Os valores atribuídos encontram-se sistematizados na Tabela 6.

Critérios	Lead Time	Preço	Custos de Transporte	Cumprimento prazo de entrega	Serviço pós-venda
Peso	37%	37%	8%	12%	6%

*Tabela 6 - Peso atribuído a cada critério (Fonte: Própria)*

As informações utilizadas para avaliar o desempenho das alternativas face a cada critério foram obtidas de acordo com os procedimentos descritos na secção de metodologia. Os dados recolhidos, que refletem a avaliação dos fornecedores segundo os critérios definidos, foram devidamente inseridos no *software Visual PROMETHEE*, o qual permite a aplicação do método PROMETHEE de forma sistemática e visualmente interpretável. A Figura 4 ilustra o ambiente do *software* com os dados introduzidos e prontos para análise.

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Scenario1</b>	Preço	Lead Time	Custos de tr...	Cumpriment...	Serviço pós-...	
Unit	€	Dias	€	4-point	4-point	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	
<b>Preferences</b>						
Min/Max	min	min	min	max	max	
Weight	0,37	0,37	0,08	0,12	0,06	
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Usual	Level	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	€ 1,00	1,00	€ 1,00	n/a	1	
- P: Preference	€ 2,00	2,00	€ 2,00	n/a	2	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
<b>Statistics</b>						
Minimum	€ 26,00	1,00	€ 0,00	2	1	
Maximum	€ 35,00	3,00	€ 4,50	3	3	
Average	€ 30,25	2,00	€ 2,25	3	2	
Standard Dev.	€ 3,49	0,71	€ 2,25	1	1	
<b>Evaluations</b>						
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor A	€ 35,00	1,00	€ 0,00	Médio	Mau
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor B	€ 32,00	2,00	€ 0,00	Médio	Médio
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor C	€ 26,00	2,00	€ 4,50	Bom	Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor D	€ 28,00	3,00	€ 4,50	Bom	Bom

*Figura 4 - Interface software Visual PROMETHEE (Fonte: software Visual PROMETHEE)*

## Análise dos resultados

### PROMETHEE II – *Ranking* Completo

O PROMETHEE II permite obter um *ranking* completo das alternativas com base nos fluxos de preferência líquidos ( $\phi$ ). Este ranking considera simultaneamente os fluxos positivos ( $\phi^+$ ) e negativos ( $\phi^-$ ), permitindo assim uma ordenação unívoca de todas as alternativas analisadas. A Figura 5 apresenta a distribuição das alternativas ao longo de uma escala que varia entre -1 e +1, onde a metade superior da barra (a verde) representa valores de preferência líquidos positivos (melhor desempenho global), e a metade inferior (a vermelho) representa os valores negativos (pior desempenho).

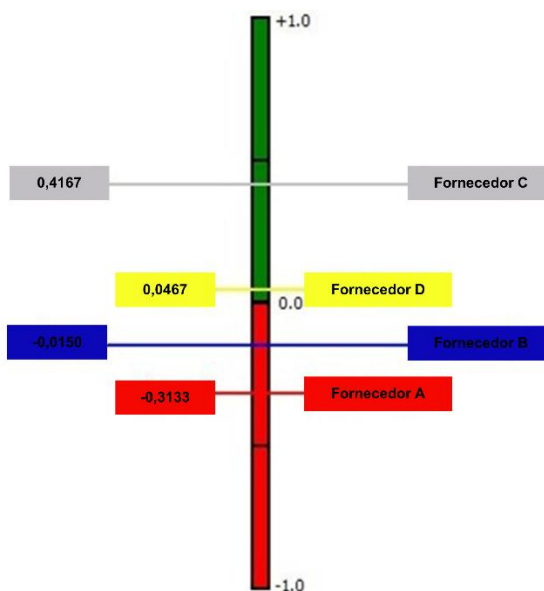


Figura 5 - PROMETHEE II - Complete Ranking (Fonte: software Visual PROMETHEE)

Com base na representação gráfica, é possível observar que a alternativa Fornecedor C apresenta o melhor desempenho global, com um fluxo líquido de aproximadamente +0,4167, destacando-se claramente das restantes opções. Em segundo lugar encontra-se o Fornecedor D, com um valor positivo, mas próximo da neutralidade (+0,0467), indicando um desempenho ligeiramente favorável. Por outro lado, o Fornecedor A apresenta o pior desempenho, com um fluxo líquido negativo de -0,3133, o que o posiciona como a alternativa menos preferida. Embora este fornecedor apresente algumas vantagens, como um prazo de entrega reduzido e isenção de custos de transporte, essas características não foram suficientes para compensar os restantes critérios, especialmente o preço menos competitivo. O Fornecedor B, com um fluxo líquido de aproximadamente -0,1500, apresenta um desempenho intermédio, abaixo da média global, mas superior ao do Fornecedor A.

Esta análise reforça a importância da abordagem multicritério na seleção de fornecedores, uma vez que permite uma avaliação mais equilibrada e fundamentada com base em múltiplos fatores relevantes para a organização.

## PROMETHEE I - *Ranking Parcial*

Tal como já foi referido anteriormente, o método PROMETHEE I permite estabelecer uma ordenação parcial das alternativas com base na decomposição dos fluxos de preferência:

- o fluxo positivo ( $\phi^+$ ), que representa a força ou vantagem de uma alternativa relativamente às restantes (coluna da esquerda),
- e o fluxo negativo ( $\phi^-$ ), que representa a fraqueza ou desvantagem face às outras alternativas (coluna da direita).

A Figura 6 ilustra estes fluxos, sendo que quanto mais alta estiver uma alternativa em ambas as colunas, melhor será o seu desempenho. Ao centro encontra-se a linha vertical correspondente ao fluxo líquido ( $\phi$ ), cuja análise foi já aprofundada no PROMETHEE II.

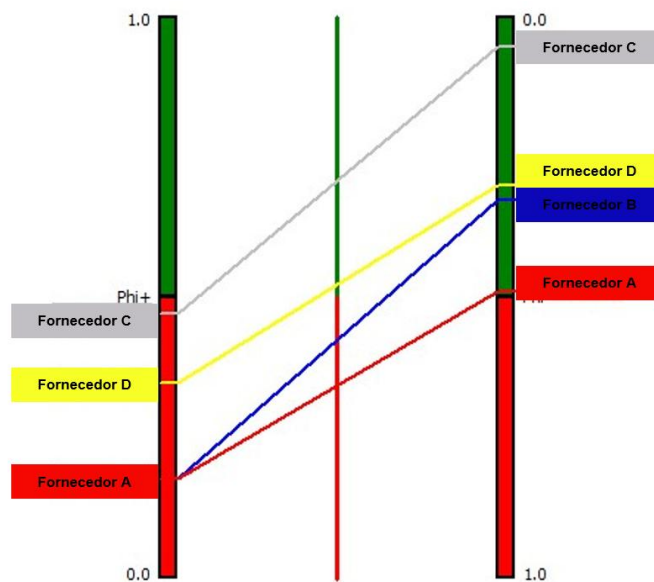


Figura 6 - PROMETHEE I - *Partial Ranking* (Fonte: software Visual PROMETHEE)

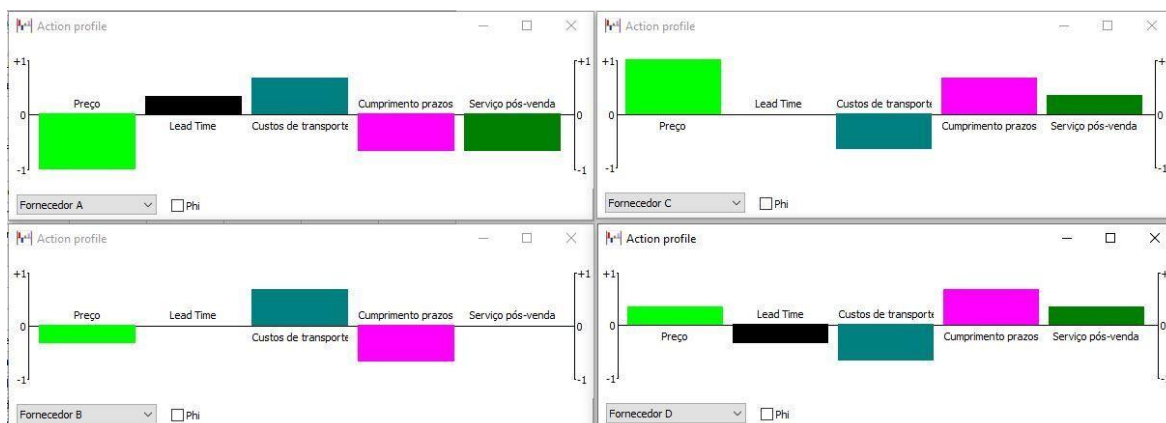
A análise do gráfico permite verificar que, o Fornecedor C apresenta simultaneamente o maior fluxo positivo ( $\phi^+$ ) e o menor fluxo negativo ( $\phi^-$ ), o que indica que é claramente preferido às outras alternativas. É, portanto, a melhor opção segundo o *ranking* parcial.

O Fornecedor D aparece em segundo lugar, com um bom desempenho em ambos os fluxos, evidenciado pelo facto de a sua linha estar acima das restantes (exceto a do Fornecedor C), o que reforça a sua posição favorável no processo de decisão.

As linhas das alternativas Fornecedor A e Fornecedor B cruzam-se, indicando que existe uma situação de incomparabilidade entre estas opções – ou seja, uma não se destaca claramente em relação à outra nos dois fluxos. O cruzamento das linhas entre os fornecedores B e A revela que, para certos critérios, um é preferido ao outro, mas não existe uma dominância clara. Isso justifica a incomparabilidade parcial, um resultado característico do PROMETHEE I.

## ACTION PROFILE

A funcionalidade *Action Profile* do software *Visual PROMETHEE* permite analisar o desempenho de cada alternativa (neste caso, cada fornecedor) em relação a todos os critérios definidos no processo de decisão. Através desta análise, torna-se possível identificar, de forma clara e intuitiva, os pontos fortes (valores positivos) e pontos fracos (valores negativos) de cada fornecedor, permitindo um apoio mais fundamentado à tomada de decisão.



**Figura 7 - Action Profile: Fornecedor A, B, C e D (Fonte: software Visual PROMETHEE)**

A interpretação dos gráficos da Figura 7 pode ser sintetizada da seguinte forma:

Fornecedor A – apresenta mais critérios desfavoráveis (fluxo global negativo) do que favoráveis (fluxo global positivo). O gráfico revela fragilidades nos critérios de preço, cumprimento do prazo de entrega e serviço pós-venda, não compensadas pelos critérios mais neutros ou com fraco desempenho positivo.

Fornecedor B – destaca-se negativamente nos critérios preço e cumprimento do prazo de entrega. Por outro lado, os custos de transporte constituem o seu principal ponto forte. Os restantes critérios apresentam um fluxo global nulo (neutro), não contribuindo significativamente para a melhoria da sua posição.

Fornecedor C – evidencia um perfil altamente favorável. É perceptível que os seus pontos fortes são os critérios preço, cumprimento do prazo de entrega e serviço pós-venda, que influenciam positivamente o seu fluxo global. Apenas o critério custos de transporte apresenta um desempenho desfavorável, mas relativamente pouco expressivo face aos restantes.

Fornecedor D – regista um desempenho equilibrado, com três critérios positivos, nomeadamente preço, cumprimento de prazos e serviço pós-venda. Contudo, os critérios lead time e custos de transporte surgem como fatores penalizadores, com impacto negativo no seu posicionamento global.

### PROMETHEE Network

No PROMETHEE Network, cada ação é representada por um nó, e as relações de preferência entre elas são expressas por setas direcionais. A posição relativa dos nós baseia-se na estrutura do PROMETHEE Diamond, permitindo visualizar as diferenças entre os valores de fluxo positivo ( $\phi^+$ ) e fluxo negativo ( $\phi^-$ ), essenciais para a análise de dominância.

Neste contexto, o fluxo positivo ( $\phi^+$ ) reflete a força com que uma alternativa é preferida em relação às demais, enquanto o fluxo negativo ( $\phi^-$ ) expressa o grau em que a alternativa é superada por outras. Dessa forma, uma alternativa é considerada dominante quando apresenta um valor de  $\phi^+$  relativamente elevado e, simultaneamente, um valor de  $\phi^-$  reduzido.

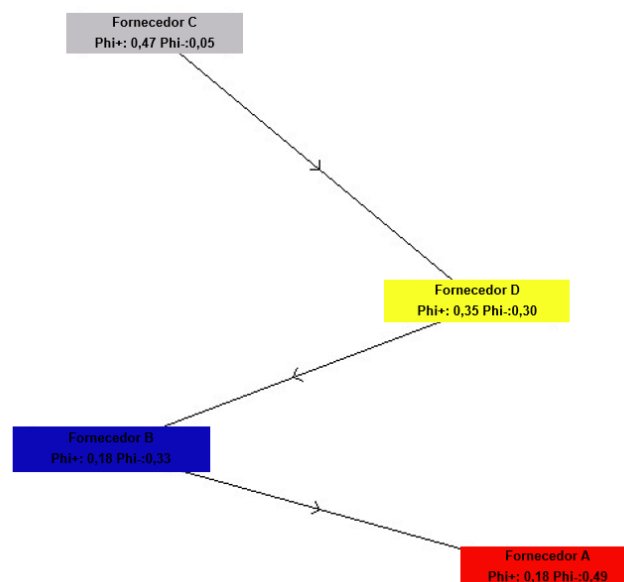


Figura 8 - PROMETHEE Network (Fonte: software Visual PROMETHEE)

Pela análise da figura 8 o Fornecedor A e o Fornecedor B são os que revelam um fluxo positivo  $\phi^+$  mais baixo, mas como o fornecedor A apresenta um fluxo negativo  $\phi^-$  mais elevado é classificado como o último na escolha do decisor, é classificado como a pior alternativa. A melhor alternativa é o fornecedor C, apresentando o maior valor de fluxo positivo ( $\phi^+ = 0,47$ ) e o menor fluxo negativo ( $\phi^- = 0,05$ ), indicando forte dominância sobre os outros fornecedores. A sua superioridade é confirmada pelas setas que partem dos outros nós em sua direção, representando a preferência por essa alternativa. O Fornecedor D ocupa a segunda posição, com um  $\phi^+$  de 0,35 e  $\phi^-$  de 0,30. Apesar de não superar o Fornecedor C, ainda se mostra como uma escolha robusta, dada a sua posição intermediária em relação aos demais.

## PROMETHEE Rainbow

A Figura 9 apresenta o PROMETHEE *Rainbow*, uma ferramenta visual complementar ao PROMETHEE II, onde cada alternativa (fornecedor) é ilustrada com uma barra composta por fatias coloridas. Cada fatia representa a contribuição específica de um critério para o fluxo líquido de preferência ( $\phi$  -Phi) da alternativa. As fatias positivas (acima da linha horizontal) correspondem aos pontos fortes, enquanto que as fatias negativas (abaixo da linha horizontal) correspondem aos pontos fracos de cada fornecedor. A soma algébrica dessas contribuições equivale ao valor de  $\phi$ , determinando assim a posição relativa da alternativa na ordenação do PROMETHEE II — da esquerda (melhor classificação) para a direita (pior classificação).

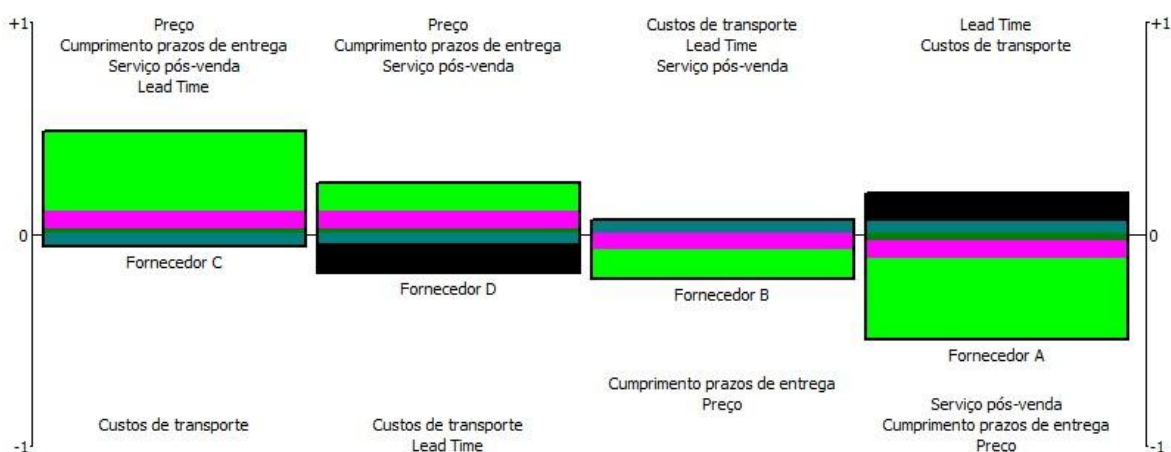


Figura 9 - PROMETHEE Rainbow (Fonte: software Visual PROMETHEE)

Com base na leitura do gráfico da Figura 9 verifica-se que de uma forma geral, os critérios “Preço” e “Cumprimento dos prazos de entrega” são os que variam mais de fornecedor para fornecedor, que por sua vez também são os que tem um maior peso atribuído. Em contrapartida, o “Serviço pós-venda” apresenta uma contribuição pouco significativa em todas as alternativas, refletindo menor peso atribuído na análise multicritério.

De uma forma mais detalhada:

Fornecedor C – é o fornecedor mais bem classificado, apresenta quase todos os critérios como pontos fortes exceto os custos de transporte que apresenta um fluxo global negativo, que constitui sua principal fraqueza. Mesmo assim, essa desvantagem não compromete sua liderança, dado o forte desempenho nos restantes critérios.

Fornecedor D – apresenta uma distribuição relativamente equilibrada entre forças e fraquezas. Os principais pontos fracos são o lead time e os custos de transporte, os quais reduzem significativamente seu desempenho global, mas não o desqualificam como uma alternativa viável. O preço e o cumprimento do prazo de entrega estão distribuídos de forma proporcional, o serviço

pós-venda representa uma fatia muito pequena, sendo estes últimos três critérios os seus pontos fortes.

Fornecedor B – assume três pontos fortes, no entanto o que prevalece é o critério custos de transporte, os outros dois apresentam valores do fluxo global muito pequenos. Detém como fraquezas o preço e o custo de transporte com uma pequena fatia.

Fornecedor A – é o único fornecedor em que as fraquezas são superiores aos pontos fortes, ou seja, o serviço pós-venda, o cumprimento de prazos de entrega e o preço encontram-se classificados como os pontos fracos do fornecedor, sendo o preço a maior fraqueza do mesmo. Nos pontos fortes verifica-se que o prazo de entrega prevalece, sugerindo que este fornecedor poderia ser útil apenas em cenários de urgência de fornecimento, onde a rapidez de entrega supera os outros critérios de decisão.

Em síntese, o PROMETHEE *Rainbow* permite não apenas comparar o desempenho global das alternativas, mas também entender quais critérios que influenciam positivamente ou negativamente cada fornecedor. Esta visão detalhada é de grande importância para o decisor, pois evidencia as compensações envolvidas na escolha final e, sobretudo, possibilita o alinhamento entre as prioridades estratégicas da organização e os pontos fortes de cada alternativa.

## **PROMETHEE GAIA**

A Figura 10 ilustra a representação gráfica gerada pelo PROMETHEE GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Aid*), uma ferramenta visual complementar PROMETHEE II, que permite uma visualização integrada das alternativas e critérios avaliados num espaço multidimensional. A finalidade do GAIA é fornecer uma representação gráfica das alternativas e dos critérios mais intuitiva e visualmente mais acessível, revelando relações de semelhança, conflito e dominância entre as alternativas e os critérios.

Nesta representação, as alternativas (fornecedores) são representadas por pontos no plano, enquanto os critérios são representados por vetores (linhas) a partir da origem. O comprimento de cada vetor está associado à importância relativa do critério na estrutura de decisão, enquanto a orientação indica a direção das preferências. A qualidade da representação bidimensional, com um valor de 97,2%, garante alta fiabilidade dos resultados apresentados.

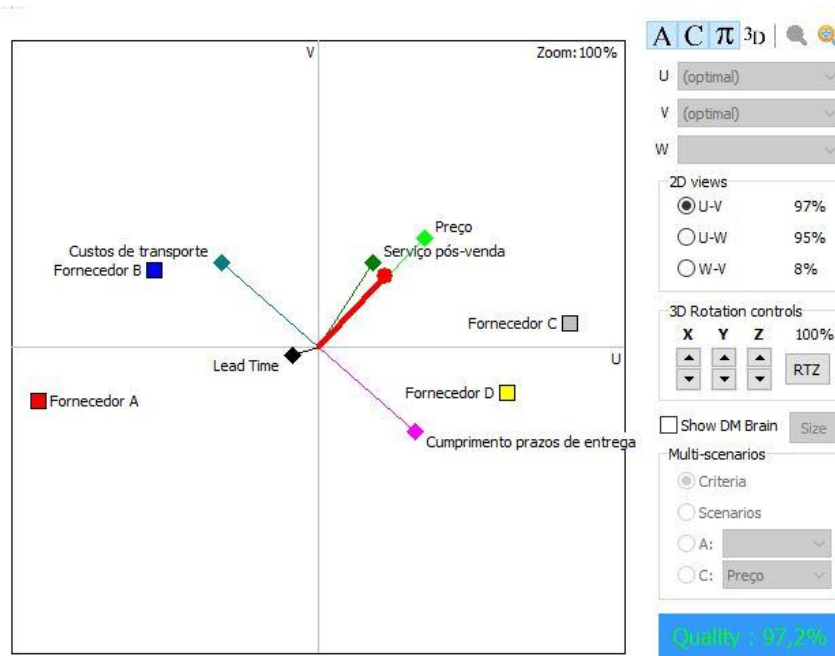


Figura 10 - PROMETHEE Gaia (Fonte: software Visual PROMETHEE)

Atendendo a que quanto mais próximas estiverem as alternativas umas das outras significa que estas compartilham um desempenho semelhante. Analisando o gráfico da Figura 10, observa-se que os fornecedores C e D estão relativamente próximos, sinalizando uma similaridade nas suas avaliações multicritério, embora localizados em quadrantes distintos. O Fornecedor A encontra-se isolado num quadrante oposto, denotando um desempenho substancialmente distinto e inferior em relação às demais alternativas.

No que respeita às relações entre critérios, verifica-se que os critérios “Preço” e “Serviço pós-venda” estão orientados na mesma direção e muito próximos entre si, indicando que tendem a favorecer as mesmas alternativas. Esse alinhamento implica que ambos contribuem conjuntamente para a preferência por determinados fornecedores. Por outro lado, os critérios “Custos de transporte”, “Lead time” e “Cumprimento dos prazos de entrega” estão posicionados em direções divergentes, distribuídos em quadrantes distintos. Tal distribuição evidencia conflitos entre esses critérios, ou seja, melhorias num deles podem implicar perdas relativas em outros.

O **vetor GAIA** (representado a vermelho), representa a preferência global do decisor com base nos pesos atribuídos aos critérios e, portanto, dita qual a melhor escolha a fazer. A alternativa que se encontra mais perto deste vetor, é o fornecedor C, e por isso é considerada a mais eficiente, sendo a mais recomendada para seleção. A alternativa que se encontra do lado oposto ao vetor GAIA é a pior em que neste caso é o fornecedor A.

Resumindo, a análise evidencia que o fornecedor C atende de forma mais equilibrada aos critérios considerados prioritários, enquanto o fornecedor A demonstra um desalinhamento com as expectativas do decisor. Esta ferramenta é, portanto, de grande utilidade para a validação e

justificação da escolha final, especialmente em contextos onde múltiplos critérios estão em jogo e onde há necessidade de transparência na decisão.

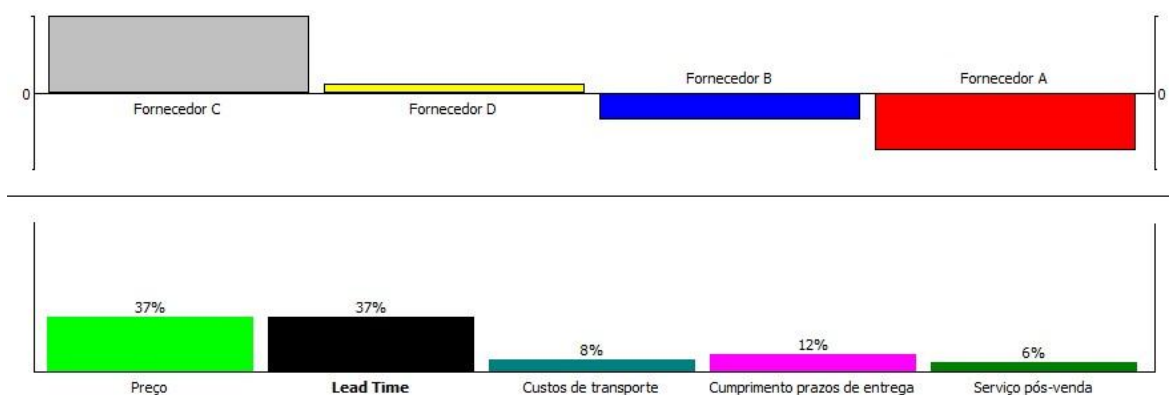
### **Walking Weight**

Através do *Walking Weight* é possível realizar uma análise de sensibilidade aos pesos atribuídos aos critérios na avaliação multicritério dos fornecedores, utilizando o método PROMETHEE. Esta ferramenta permite observar como pequenas alterações nos pesos dos critérios influenciam a posição no *ranking* e o fluxo líquido global ( $\phi$ ) de cada alternativa. O gráfico divide-se em duas partes (Mareschal & De Smet, 2010):

- a parte superior do gráfico de barras representa a classificação completa (PROMETHEE II), com os fluxos líquidos de cada fornecedor;
- a parte inferior do gráfico mostra os pesos atribuídos aos critérios, conforme definidos inicialmente pelo decisor.

Assim, esta funcionalidade interativa permite alterar os pesos dos critérios de forma que se possa observar em tempo real o impacto dessas mudanças no *ranking* das alternativas.

A Figura 11 apresenta a análise inicial dos fornecedores utilizando o método PROMETHEE, considerando os pesos atribuídos a cada critério no cenário base. Os critérios avaliados foram: Preço (37%), Lead Time (37%), Custos de Transporte (8%), Cumprimento de Prazos de Entrega (12%) e Serviço Pós-Venda (6%). Nesta configuração, o fornecedor C ocupa a primeira posição no ranking, seguido pelo fornecedor D. Ambos apresentam fluxos líquidos (ou fluxos globais) positivos, indicando desempenho superior em relação aos demais. Em contrapartida, os fornecedores B e A apresentam fluxos líquidos negativos, o que sugere desempenho inferior comparativamente.

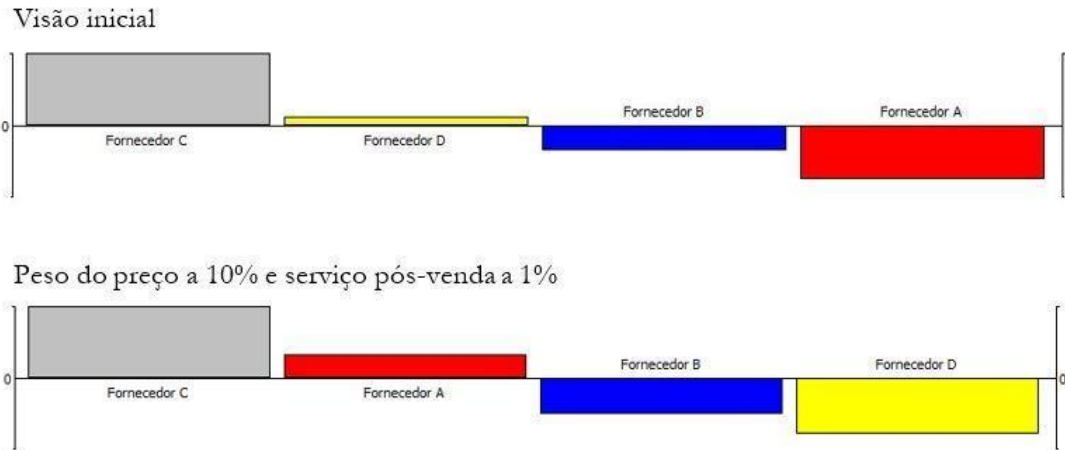


**Figura 11 - Walking Weight: visão inicial (Fonte: software Visual PROMETHEE)**

Com o intuito de avaliar a sensibilidade do modelo, foram ajustados os pesos dos critérios, simulando cenários onde os pesos atribuídos aos critérios variam.

- **Variação dos critérios “Preço” e “Serviço pós-venda”**

Esta simulação testa a sensibilidade à redução do peso dos dois critérios, um deles inicialmente mais influente e o outro menos influente (o “Preço”, com um peso de 37% e o “Serviço pós-venda”, com um peso de 6%).



**Figura 12** - Walking weight com peso do preço a 10% e do serviço pós-venda a 1% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Ao diminuir o peso do critério “Preço” para 10% e o “Serviço pós-venda” para 1% verifica-se que, o fornecedor C continua a ser a opção preferencial, assim como o fornecedor B permanece no mesmo lugar. Já o fornecedor D é o mais prejudicado, uma vez que com a alteração destes pesos este passou a ter um fluxo global negativo e passou para o último classificado. Já o fornecedor A é o que sai mais favorável nesta diminuição dos pesos, uma vez que como o preço diminui de peso e este é o que apresenta um maior preço na maior parte das vezes comparativamente aos outros fornecedores, passa a ter um fluxo global positivo e passa para segundo lugar no *ranking*.

- **Variação do critério “Lead Time”**

A próxima simulação explora a importância do critério “Lead Time”, anteriormente com um peso de 37%, agora enfatizado como o mais relevante. Ao ajustar o peso do lead time para 57%, a ordem de escolha dos fornecedores é a mesma, mas é de notar que o fluxo global do fornecedor A fica menos negativo, assim como o fluxo global do fornecedor D torna-se menos positivo.

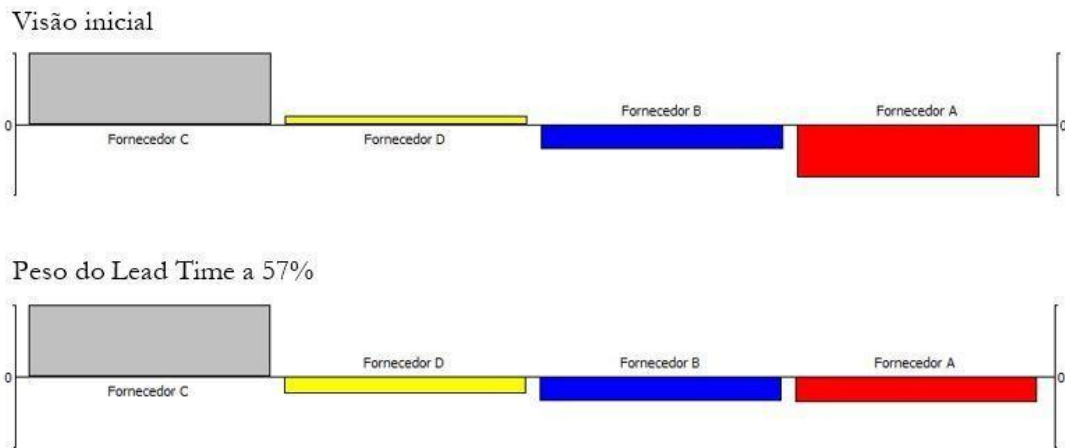


Figura 13 - Walking weight com peso do Lead Time a 57% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

O critério “Lead Time”, embora relevante, não altera a hierarquia global das alternativas, mas mostra impacto moderado nas pontuações.

- **Variação do critério “Custos de Transporte”**

Nesta simulação, o critério “Custos de Transporte”, originalmente com apenas 8% do peso, é aumentado para 50%, enfatizando o impacto logístico. É notável, pelo gráfico abaixo, que ao aumentar o peso do custo de transporte para 50% a ordem de escolha dos fornecedores muda radicalmente, pois aqueles que não cobram estes custos passam para os primeiros lugares do ranking e com um fluxo global positivo, sendo o fornecedor B a opção preferencial e logo a seguir o fornecedor A. O mesmo não acontece com os restantes fornecedores, o C e o D, uma vez que estes cobram custos de transporte e são os que saem mais prejudicados com esta alteração de peso passando para o terceiro e quarto lugar respetivamente e com fluxos globais negativos.

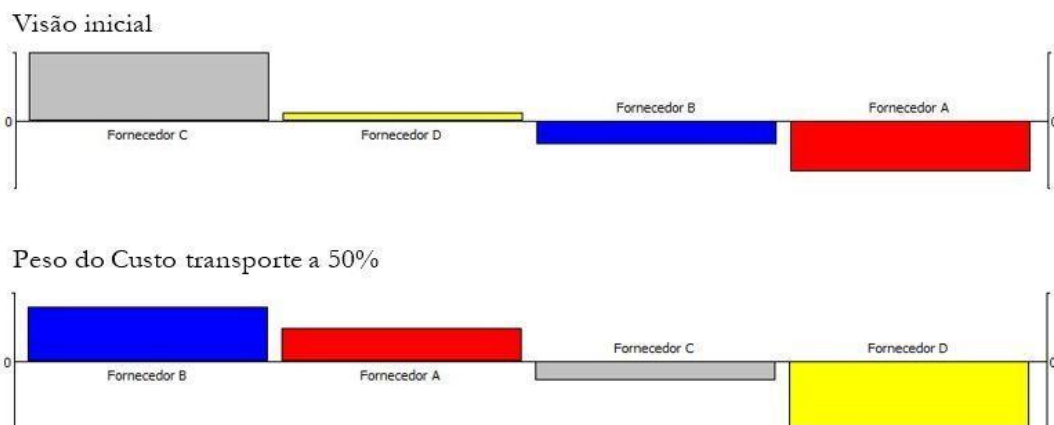


Figura 14 - Walking weight com peso do custo de transporte a 50% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Nos restantes critérios, ao alterar o peso dos mesmos verifica-se que não há uma grande alteração nem nas posições de ranking de cada um dos fornecedores nem nos valores dos fluxos globais.

A valorização elevada de um critério secundário alterou drasticamente o *ranking*, evidenciando a sensibilidade do modelo à definição dos pesos e reforçando a importância da validação cuidadosa dos critérios estratégicos.

As Figuras 11 a 14 ilustram o potencial do *Walking Weight* enquanto ferramenta de análise de sensibilidade. Através da modificação dos pesos atribuídos aos critérios de decisão, é possível avaliar a robustez das alternativas e compreender o impacto de diferentes prioridades estratégicas. A alternativa Fornecedor C demonstra elevada consistência quando critérios fundamentais são mantidos com peso elevado, mas o modelo mostra-se sensível a reponderações drásticas, como no caso do “custo de transporte”. Este tipo de análise permite apoiar decisões mais bem informadas, ajustadas a cenários reais e prioridades organizacionais.

#### **4.4. Aplicação do método *Fuzzy-TOPSIS***

Para a aplicação do método *Fuzzy-TOPSIS* à seleção de fornecedores, foi considerada a estrutura apresentada na Figura 3. Este método permite tratar a subjetividade e a imprecisão inerentes ao processo de avaliação multicritério, através da utilização de variáveis linguísticas para representar tanto os pesos dos critérios como as pontuações atribuídas às alternativas. Uma variável linguística é uma variável cujo valor é expresso em termos de linguagem natural, como por exemplo “baixo”, “médio” ou “alto”, permitindo a diferenciação de qualificações através de diferentes níveis (Zadeh, 1973). Para utilizar estas variáveis é necessário que o decisor defina um conjunto de termos linguísticos, para permitir medir adequadamente os seus valores. Os termos linguísticos são normalmente representados por números *Fuzzy* triangulares, estes são constituídos por conjuntos *Fuzzy* que obedecem a condições de normalidade e continuidade. A morfologia de um número *Fuzzy* permite a quantificação da imprecisão ou incerteza associada às avaliações subjetivas dos decisores. Este tipo de abordagem é particularmente relevante quando os critérios de decisão envolvem julgamentos qualitativos, como é o caso da seleção de fornecedores. Estes números *Fuzzy* triangulares são escritos na forma  $(l, m, u)$ , onde  $l$  é o limite inferior,  $m$  corresponde à “modal value” (valor central) e  $u$  é o limite superior (Figura 15) (Kahraman, 2008).

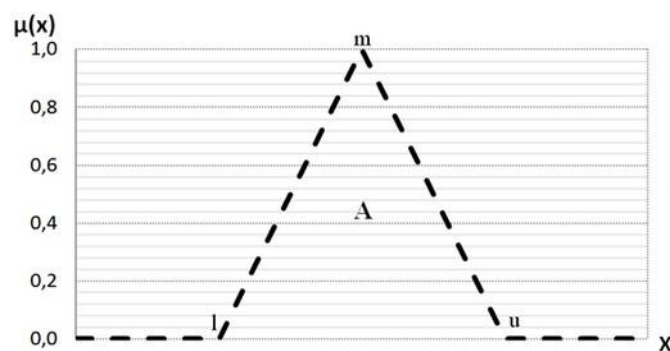


Figura 15 - Números fuzzy triangular (Fonte:Lima & Carpinetti, 2015)

### Análise dos resultados

As tabelas abaixo apresentam a atribuição dos termos linguísticos e os números *fuzzy* triangulares para o peso dos critérios e para a avaliação das alternativas, tabela 7 e tabela 8, respectivamente. As Tabelas 7 e 8 são fundamentais para a operacionalização do método *Fuzzy-TOPSIS* no presente estudo. Através da utilização de números *Fuzzy* triangulares, estas tabelas permitem capturar a subjetividade e incerteza típicas do processo decisório em contextos reais.

A Tabela 7 define os pesos dos critérios de decisão através de variáveis linguísticas, convertidas em números *fuzzy* triangulares. Estes valores representam a importância atribuída a cada critério no processo de seleção de fornecedores. Estes termos foram usados para quantificar o grau de importância de cada critério, como "Preço", "Lead Time", etc., de forma mais flexível e subjetiva, adaptando-se à percepção do decisor.

Ponderações	<i>Fuzzy Triangular Numbers</i>
Nada Importante (NI)	(1,0; 1,0; 2,0)
Pouco importante (PI)	(1,0; 2,0; 3,0)
Importância Média (IM)	(2,0; 3,0; 4,0)
Importante (I)	(3,0; 4,0; 5,0)
Muito Importante (MI)	(4,0; 5,0; 5,0)

Tabela 7 - Termos linguísticos e números *Fuzzy* para o peso dos critérios (Fonte: própria)

A Tabela 8 define como se avaliam os desempenhos dos fornecedores em cada critério. Assim como nos pesos, a escala é linguística e é convertida em números *fuzzy* triangulares. Esta abordagem proporciona maior robustez à análise, adaptando-se melhor à complexidade e ambiguidade das decisões de compras empresariais. Esta escala permite avaliar subjetivamente o desempenho de cada fornecedor de forma consistente, mesmo com informações imprecisas ou qualitativas, como por exemplo "Qualidade do serviço pós-venda" ou "Confiabilidade na entrega".

Ponderações	Fuzzy Triangular Numbers
Muito Mau (MM)	(0,0; 0,0; 2,5)
Mau (M)	(0,0; 2,5; 5,0)
Intermédio (I)	(2,5; 5,0; 7,5)
Bom (B)	(5,0; 7,5; 10,0)
Muito Bom (MB)	(7,50; 10,0; 10,0)

**Tabela 8** - Termos linguísticos e números Fuzzy para a avaliação das alternativas (Fonte: própria)

Após a definição do conjunto de termos linguísticos e a respetiva conversão em números *fuzzy* triangulares, procedeu-se à avaliação de cada fornecedor pelo decisor. As pontuações atribuídas encontram-se sintetizadas na Tabela 9, na qual se apresentam, para cada critério, os valores linguísticos correspondentes a cada alternativa. Estes valores constituem a base de entrada para o cálculo dos fluxos de preferência no âmbito do método *Fuzzy-TOPSIS*.

	Preço	Lead Time	Custos de transporte	Cumprimento dos prazos	Serviço pós-venda
Fornecedor A	I	MB	MB	I	M
Fornecedor B	I	B	B	I	I
Fornecedor C	MB	B	M	B	B
Fornecedor D	B	I	B	B	B

Ws	MI	MI	IM	I	PI
----	----	----	----	---	----

**Tabela 9** - Decisão do tomador de decisor (Fonte: própria)

Os termos linguísticos da Tabela 9 foram convertidos em números *fuzzy* triangulares conforme os valores das escalas das Tabelas 7 e 8, construindo assim a matriz de decisão e o vetor dos pesos resultantes. Assim, a Tabela 10 apresenta a matriz *fuzzy* de decisão construída a partir da avaliação linguística (Tabela 9), convertida em números *fuzzy* ( $l, m, u$ ).

Cada fornecedor foi avaliado em cinco critérios: Preço, Lead Time, Custos de Transporte, Cumprimento de Prazos de Entrega e Serviço Pós-Venda. A matriz apresenta os valores *fuzzy* associados a cada avaliação.

	Preço			Lead Time			Custos de transporte			Cumprimento prazos entrega			Serviço pós-venda		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Forn. A	2,5	5,0	7,5	7,5	10,0	10,0	7,5	10,0	10,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0
Forn. B	2,5	5,0	7,5	5,0	7,5	10,0	5,0	7,5	10,0	2,5	5,0	7,5	2,5	5,0	7,5
Forn. C	7,5	10,0	10,0	5,0	7,5	10,0	0,0	2,5	5,0	5,0	7,5	10,0	5,0	7,5	10,0
Forn. D	5,0	7,5	10,0	2,5	5,0	7,5	5,0	7,5	10,0	5,0	7,5	10,0	5,0	7,5	10,0

**Tabela 10** - Matriz de decisão (Fonte: Própria)

Seguindo as etapas do método Fuzzy-TOPSIS, a matriz de decisão *Fuzzy*  $\tilde{D}$  foi normalizada através da aplicação da equação 15. Todos os critérios foram classificados como critérios de benefício, uma vez que o que se pretende maximizar os respectivos valores. A Tabela 11 apresenta assim a matriz de decisão Fuzzy normalizada  $\tilde{R}$ , obtida com base nas equações 16 e 17, de acordo com a metodologia estabelecida. Esta normalização permite colocar todos os critérios numa escala comparável, respeitando simultaneamente a estrutura triangular dos números Fuzzy.

	Preço			Lead Time			Custos de transporte			Cumprimento prazos entrega			Serviço pós-venda		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Forn. A	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0,00	0,25	0,50
Forn. B	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
Forn. C	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,00	0,25	0,50	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
Forn. D	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00

**Tabela 11** – Matriz de decisão Fuzzy normalizada (Fonte: Própria)

Após a normalização da matriz fuzzy  $\tilde{D}$  (Tabela 11), os valores Fuzzy são multiplicados pelos pesos Fuzzy de cada critério (definidos na Tabela 7), isto é, obtemos a matriz normalizada e ponderada  $\tilde{V}$  (Tabela 12), por meio da multiplicação dos pesos  $\tilde{w}_{ij}$  pelos elementos  $\tilde{r}_{ij}$  da matriz normalizada, utilizando a equação 19.

	Preço			Lead time			Custos de transporte			Cumprimento prazos entrega			Serviço pós-venda		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Forn. A	1,00	2,50	3,75	3,00	5,00	5,00	1,50	3,00	4,00	0,75	2,00	3,75	0,00	0,50	1,50
Forn. B	1,00	2,50	3,75	2,00	3,75	5,00	1,00	2,25	4,00	0,75	2,00	3,75	0,25	1,00	2,25
Forn. C	3,00	5,00	5,00	2,00	3,75	5,00	0,00	0,75	2,00	1,50	3,00	5,00	0,50	1,50	3,00
Forn. D	2,00	3,75	5,00	1,00	2,50	3,75	1,00	2,25	4,00	1,50	3,00	5,00	0,50	1,50	3,00

Tabela 12 - Matriz normalizada e ponderada (Fonte: Própria)

A matriz  $\tilde{V}$ , matriz normalizada e ponderada da matriz  $\tilde{D}$ , é o ponto de partida para calcular as distâncias à solução ideal positiva e negativa. Com base nas equações 20 e 21, é possível definir a solução ideal positiva ( $A^+$ , *Fuzzy Positive Ideal Solution* - FPIS) e a solução ideal negativa ( $A^-$ , *Fuzzy Negative Ideal Solution* - FNIS), respectivamente.

$$A^+ = \{(5; 5; 5), (5; 5; 5), (4; 4; 4), (5; 5; 5), (3; 3; 3)\}$$

$$A^- = \{(1; 1; 1), (1; 1; 1), (0; 0; 0), (0,8; 0,8; 0,8), (0; 0; 0)\}$$

Utilizando as equações 23 e 25 é possível calcular cada uma das distâncias entre os valores da matriz normalizada e ponderada  $\tilde{V}$  (Tabela 12) e as soluções ideais tanto a positiva ( $A^+$ ) como a negativa ( $A^-$ ) resultando assim o  $d^+$  (Tabela 13) e  $d^-$  (Tabela 14).

	Preço	Lead Time	Custos de transporte	Cumprimento de prazo de entrega	Serviços pós-venda
Fornecedor A	3,97	0,67	1,21	4,77	2,92
Fornecedor B	3,97	1,76	2,01	4,77	2,02
Fornecedor C	0,67	1,76	5,09	2,71	1,42
Fornecedor D	1,76	3,97	2,01	2,71	1,42

Tabela 13 - Valores da distância entre os números fuzzy ( $d^+$ ) (Fonte: Própria)

A tabela 13 mostra, para cada fornecedor, a distância entre o seu desempenho ponderado e a melhor alternativa possível ( $A^+$ ). Quanto menor a distância  $d^+$ , mais próximo da solução ideal positiva está o fornecedor.

	Preço	Lead time	Custos de transporte	Cumprimento de prazo de entrega	Serviços pós-venda
Fornecedor A	1,64	6,00	4,54	1,69	0,42
Fornecedor B	1,64	4,09	3,68	1,69	1,02
Fornecedor C	6,00	4,09	0,76	3,83	1,92
Fornecedor D	4,09	1,64	3,68	3,83	1,92

**Tabela 14** - Valores da distância entre os números fuzzy ( $d^-$ ) ((Fonte: Própria)

A Tabela 14, define a distância em relação à pior alternativa possível ( $A^-$ ). Quanto maior a distância  $d^-$ , mais distante da solução negativa está o fornecedor, o que é desejável.

Após o cálculo das distâncias entre os números *Fuzzy* de acordo com o Método Vertex, foram determinadas as distâncias totais ao ideal positivo  $D_i^+$  e ao ideal negativo  $D_i^-$ , através do somatório das distâncias individuais dos critérios para cada alternativa. Com base nesses valores, foi então calculado o índice de proximidade ou coeficiente de aproximação ( $CC_i$ ), utilizando a equação 26. Este índice representa a proximidade relativa de cada alternativa em relação à solução ideal. A Figura 16 apresenta os valores de  $D_i^+$ ,  $D_i^-$  e  $CC_i$ , bem como a classificação (ranking) das alternativas. A melhor alternativa, segundo o método *Fuzzy-TOPSIS*, é identificada por aquele que obtém o maior valor de  $CC_i$ , e, simultaneamente, mais afastada da solução ideal negativa, o que indica um melhor desempenho global face aos critérios estabelecidos. Portanto, o processo de decisão é baseado numa ordenação decrescente dos índices de proximidade.

Usando as distâncias totais, aplica-se:

$$CC_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

Fornecedor	$D_i^+$	$D_i^-$	$CC_i$	Ranking
C	11,65	16,60	0,5877	1.º
D	11,86	15,15	0,5608	2.º
A	13,53	14,28	0,5135	3.º
B	14,53	12,12	0,4547	4.º

**Figura 16** - Valores das distâncias entre os números *Fuzzy* e respectivo índice de proximidade (Fonte: Própria)

No caso em estudo, e com base nos resultados apresentados na Figura 16 do método *Fuzzy-TOPSIS*, segundo os valores do índice de proximidade, organizados por ordem decrescente, temos o Fornecedor C - Fornecedor D - Fornecedor A - Fornecedor B.

- O **Fornecedor C** obteve o maior índice de proximidade ( $CC_i=0,5877$ ), sendo, portanto, considerado a **melhor alternativa** entre os fornecedores avaliados;
- Segue-se o **Fornecedor D**, com um índice de  $CC_i=0,5608$ , igualmente próximo da solução ideal, assumindo a **segunda posição no ranking**;
- O **Fornecedor A**, com  $CC_i = 0,5135$ , encontra-se numa posição intermédia, ocupando o **terceiro lugar**;
- Por fim, o **Fornecedor B**, que registou o menor índice de proximidade ( $CC_i = 0,4547$ ), é considerado a **alternativa menos favorável** no presente contexto de decisão.

Embora as diferenças entre os valores dos índices não sejam extremamente acentuadas, a hierarquização obtida permite identificar de forma clara a alternativa mais adequada à luz dos critérios definidos. Esta análise fornece, assim, uma base objetiva e estruturada para apoiar o processo de tomada de decisão.

Assim, o Fornecedor C revela-se, novamente, como a alternativa mais vantajosa, corroborando os resultados obtidos pelo método PROMETHEE. No entanto, observa-se divergência na ordenação dos fornecedores A e B, refletindo as diferenças na abordagem algorítmica dos métodos e sublinhando a importância da triangulação de resultados para maior robustez na decisão.

## 5. Conclusão

A presente dissertação de mestrado, teve como objetivo fulcral a aplicação de Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDM) no processo de seleção de fornecedores na área de compras de manutenção de uma indústria de papel. Numa era em que as decisões empresariais exigem maior rigor e alinhamento estratégico, torna-se essencial utilizar ferramentas que considerem múltiplos critérios, muitas vezes conflitantes e de natureza tanto quantitativa quanto qualitativa (Saaty, 1987). Foram selecionados dois métodos de referência no domínio da decisão multicritério: o *Fuzzy-TOPSIS*, reconhecido pela sua capacidade de lidar com dados linguísticos e incerteza (Lima & Carpinetti, 2015), e o PROMETHEE, valorizado pela sua robustez na análise de preferências e na geração de *rankings* parciais e completos (Mareschal & Brans, 2005). Os critérios de decisão – Preço, *Lead Time*, Custos de Transporte, Cumprimento de Prazos e Serviço Pós-Venda – foram definidos com base na realidade da organização e ponderados através de escalas linguísticas convertidas em números *fuzzy* triangulares, permitindo capturar a subjetividade inerente ao contexto de decisão.

A aplicação do *Fuzzy-TOPSIS* resultou na identificação do Fornecedor C como a alternativa com maior índice de proximidade ao ideal positivo, refletindo o seu desempenho global superior. Por sua vez, a utilização do PROMETHEE corroborou essa conclusão, reforçando a robustez da escolha, ao mesmo tempo que ofereceu recursos gráficos como o GAIA Plane e o *Walking Weight*, essenciais para visualizar os conflitos entre critérios e a sensibilidade da decisão face à alteração dos pesos. A análise comparativa entre os dois métodos revelou uma convergência na alternativa preferida, mas também diferenças na ordenação intermédia de dois dos fornecedores, o que reforça a pertinência de aplicar mais do que um método em decisões críticas. A análise de sensibilidade evidenciou ainda que pequenas alterações nas prioridades estratégicas podem levar a modificações relevantes no *ranking*, o que reforça a importância da participação ativa dos decisores e da validação contínua dos critérios considerados.

Conclui-se, assim, que a adoção de métodos MCDM, como o *Fuzzy-TOPSIS* e o PROMETHEE, representa uma abordagem metodológica robusta e recomendável no âmbito da seleção de fornecedores. Estes métodos permitem conferir ao processo de decisão um maior grau de objetividade, transparência e rigor analítico, contribuindo para o seu alinhamento com os objetivos estratégicos da organização.

O modelo desenvolvido e aplicado nesta dissertação demonstra ser versátil e replicável em diferentes contextos industriais, podendo servir como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão mais fundamentada, eficiente e sustentável. A integração de técnicas quantitativas com julgamentos subjetivos, através do uso de lógica *Fuzzy* e análise multicritério, possibilita uma avaliação mais completa e realista dos fornecedores, o que se revela particularmente útil em ambientes complexos e competitivos.

## 6. Bibliografia:

- Almeida, A. T. de, & Costa, A. P. C. S. (2002). Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0104-530X2002000200007>
- Ayala, & Frank. (2013). XIII SEPROSUL-Semana de la Ingeniería de Producción Sudamericana junho de 2013, Gramado-Brasil Métodos de análise multicriterial Métodos de análise multicriterial: uma revisão das forças e fraquezas.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., & Omid, M. (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers & Operations Research*, 89, 337–347.
- Biond - Forest fibers from Portugal. (2025). Boletim Estatístico. <https://www.biond.pt/publicacoes/boletim-estatistico-2023/>
- Boer, L. de. (2017). Procedural rationality in supplier selection: Outlining three heuristics for choosing selection criteria. *Management Decision*, 55(1), 32–56. <https://doi.org/10.1108/MD-08-2015-0373>
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). *A Preference Ranking Organisation Method*. 647–656. <https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>
- Carr, A. S., & Pearson, J. N. (2002). “The impact of purchasing and supplier involvement on strategic purchasing and its impact on firm’s performance.” *International Journal of Operations & Production Management*, 22(0144–3577), 1032–1053.
- Carvalho, J. M. C. de. (2004). *Logística* (M. Robalo, Ed.; 3ª).
- Chaves, A. F. A. R. (2002). Universidade de são paulo “estudo das variáveis utilizadas na decisão de compras no comércio varejista de alimentos de auto-serviço-supermercados.”
- Christopher, M. (1992). *Logistics and Supply Chain Management for Reducing Costs and Improving Services* (1ª). London: Financial Times: Pitman Pub.
- Correia Baptista Soares de Mello, J. C., Gonçalves Gomes, E., Rodrigues Leta, F., & Vidal Pessolani, R. B. (2010). Conceitos Básicos Do Apoio Multicritério À Decisão E Sua Aplicação No Projeto Aerodesign. *Engevista*, 5(8). <https://doi.org/10.22409/engevista.v5i8.82>
- Costa, C., & Ferreira, J. (2000). Metodologia Multicritério de Apoio à Avaliação de Propostas em Concursos Públicos.
- Costa, D. A., Mário, P. D. C., & Moura, L. R. C. (2015). Variáveis de decisão determinantes do processo de compras em organizações: um estudo de caso. *Revista Gestão & Tecnologia*, 15(3), 138. <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2015.v15i3.820>
- Dias, E. M. P. da S. (2015). Modelo De Apoio À Decisão Multicritério Para Selecção De Fornecedores De Azeite.
- Dickson, G. W. (1966). An Analysis Of Vendor Selection Systems And Decisions. *Journal of Supply Chain Management*, 5–17.

- Ebrahimabadi, A., Alavi, I., Batebi, M., & Bibakian, H. (2017). *Prioritization Of Plants In The Choghart Iron Ore Mine Reclamation Project By Promethee Method And Comparison With The Results Of The Fuzzy Topsis Method (Case Study: Choghart Iron Ore Mine)*. 640–663.
- Ezquerro, L., Coimbra, R., Bauluz, B., Núñez-Lahuerta, C., Román-Berdiel, T., & Moreno-Azanza, M. (2024). Large dinosaur egg accumulations and their significance for understanding nesting behaviour. *Geoscience Frontiers*, 15(5). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101872>
- Fernandes, A. M., Santos, J. P. da S., Vieira, F. T., Costa, R. de O. B., & Prat, B. V. (2023). Avaliação de Softwares desenvolvidos para apoio a análise de Decisão Multicritério (MCDA). *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 15(11), 14897–14918. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n11-104>
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*.
- Garcia, E. A. da R. (2003). Modelo De Controladoria Para As Empresas Do Ramo De Construção Civil, Subsetor Edificações Sob A Ótica Da Gestão Econômica.
- Guedes, A. P., Arantes, A. J. M., Martins, A. L., Póvoa, A. P. B., Luís, C. A., Dias, E. B., Dias, J. C. Q., Menezes, João C. Rosmaninho de, Carvalho, J. C. de, & ... (2010). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (M. Robalo, Ed.; 1ª).
- Hernandes, S. B. R. (2002). Aplicação dos métodos fuzzy AHP e fuzzy TOPSIS no apoio a seleção de fornecedores-um estudo de caso em uma empresa de catering offshore.
- Holmberg, S. (2000). A system perspective in supply chain measurement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 17(0960–0035), 847–868.
- Junior, F. R. L. (2013). Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores.
- Kahraman, C. (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments* (C. Kahraman, Ed.).
- Karczmarczyk, A., Jankowski, J., & Wątróbski, J. (2018). Multi-criteria decision support for planning and evaluation of performance of viral marketing campaigns in social networks. *PLoS ONE*, 13(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209372>
- Kumar, S., Kumar, S., & Barman, A. G. (2018). Supplier selection using fuzzy TOPSIS multi criteria model for a small scale steel manufacturing unit. *Procedia Computer Science*, 133, 905–912. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.097>
- Lima, F. R., & Carpinetti, L. C. R. (2015). Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. *Gestão e Produção*, 22(1), 17–34. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1190>
- Lopes, A. P., & Rodriguez-Lopez, N. (2021). A decision support tool for supplier evaluation and selection. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212387>
- Mareschal, B. (n.d.). *Visual PROMETHEE*.
- Mareschal, B., & Brans, J.-P. (2005). PROMETHEE methods. In *International Series in Operations Research and Management Science* (Vol. 78, pp. 163–195). Springer New York LLC. [https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5\\_5](https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_5)

- Mareschal, B., & de Smet, Y. (2010). *Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA multicriteria decision aid methods*.
- Mareschal, B., & Macharis, C. (1998). The GDSS PROMETHEE procedure: a PROMETHEE-GAIA based procedure for group decision support. In *Article in Journal of Decision System*. <https://www.researchgate.net/publication/254453652>
- Marques, P. (2019). *Análise e Qualificação de Fornecedores de Serviços de Transporte Internacional*.
- Mota, P. J. G. (2013). *Comparative Analysis of Multicriteria Decision Making Methods*.
- Ortiz-Barrios, M. A., Kucukaltan, B., Carvajal-Tinoco, D., Neira-Rodado, D., & Jiménez, G. (2017). Strategic hybrid approach for selecting suppliers of high-density polyethylene. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 24(5–6), 296–316. <https://doi.org/10.1002/mcda.1617>
- Parkouhi, S. V., & Ghadikolaei, A. S. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, 161, 431–451.
- Pedrycz, W., & Gomide, F. (2007). *Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing*. John Wiley & Sons, Inc.
- Pereira, F., Laimer, C., & Pagnussatt, T. (2017). O Processo De Seleção E Avaliação De Fornecedores No Setor Público Brasileiro.
- Pinho, R. (2019). Modelo De Apoio À Decisão Multicritério Para Seleção De Fornecedores De Folha De Flandres-Um Estudo De Caso Na Empresa Can.
- Rodrigues, C. (2021). Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Seleção de Fornecedores de Fibra de Vidro Um Estudo de Caso numa Indústria Eólica.
- Roy, B. (1968). *Classement et choix en présence de points de vue multiples*. <http://www.numdam.org/conditions>
- Saaty, R. W. (1987). *The Analytic Hierarchy Process-What It Is And How It Is Used* (Vol. 9, Issue 5).
- Santis, R. B. de, Golliat, L., & Aguiar, E. P. de. (2017). Multi-criteria supplier selection using fuzzy analytic hierarchy process: case study from a Brazilian railway operator. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(3), 428–437. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n3.a15>
- Santos, E. S., & Ponte, V. (1998). Modelo de decisão em gestão económica.
- Sevкли, M., Zaim, S., Turkyilmaz, A., & Satir, M. (2010a). An application of fuzzy TOPSIS method for supplier selection. *2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence, WCCI 2010*. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2010.5584006>
- Sevкли, M., Zaim, S., Turkyilmaz, A., & Satir, M. (2010b). An application of fuzzy TOPSIS method for supplier selection. *2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence, WCCI 2010*. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2010.5584006>
- Shahzad, M. F., Xu, S., Lim, W. M., Yang, X., & Khan, Q. R. (2024). Artificial intelligence and social media on academic performance and mental well-being: Student perceptions of positive impact in the age of smart learning. *Heliyon*, 10(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29523>

- Shyur, H. J., & Shih, H. S. (2006). A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical and Computer Modelling*, 44(7–8), 749–761. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2005.04.018>
- Tronnebati, I., Jawab, F., Frichi, Y., & Arif, J. (2024). Green Supplier Selection Using Fuzzy AHP, Fuzzy TOSIS, and Fuzzy WASPAS: A Case Study of the Moroccan Automotive Industry. *Sustainability (Switzerland)*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/su16114580>
- Vafaei, N. (2021). *Data Normalization in Decision Making Processes*.
- Van Weele, A. J. (1994). *Purchasing management: Analysis, planning and practice*. Chapman & Hall.
- Vargas, L., & St, C. (2022). *The Analytic Hierarchy Process*. <http://www.springer.com/series/6161>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets \*. In *INFOR~ATIO~ AND CONTROL* (Vol. 8).
- Zhang, W., Xu, M., Feng, Y., Mao, Z., & Yan, Z. (2024). The Effect of Procrastination on Physical Exercise among College Students—The Chain Effect of Exercise Commitment and Action Control. *International Journal of Mental Health Promotion*, 26(8), 611–622. <https://doi.org/10.32604/ijmhp.2024.052730>