

SARAH BEATRIZ RANGEL HERNANDES

**APLICAÇÃO DOS MÉTODOS *FUZZY-AHP* E *FUZZY-TOPSIS*  
NO APOIO A SELEÇÃO DE FORNECEDORES – UM ESTUDO  
DE CASO EM UMA EMPRESA DE CATERING *OFFSHORE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof Dr. Bruno Barzellay Ferreira da Costa

**Macaé - RJ**

**2022**

SARAH BEATRIZ RANGEL HERNANDES

**APLICAÇÃO DOS MÉTODOS *FUZZY-AHP* E *FUZZY-TOPSIS*  
NO APOIO A SELEÇÃO DE FORNECEDORES – UM ESTUDO  
DE CASO EM UMA EMPRESA DE CATERING *OFFSHORE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em 03 de agosto de 2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Bruno Barzellay Ferreira da Costa, D.Sc. – Orientador  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof<sup>a</sup>. Gisele Silva Barbosa, D.Sc.  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Claudia Garrido Martins, Ph.D.  
University of North Carolina at Charlotte

**Macaé - RJ**

**2022**

## CIP - Catalogação na Publicação

H557

Hernandes, Sarah Beatriz Rangel

Aplicação dos métodos Fuzzy-AHP e Fuzzy-TOPSIS no apoio a seleção de fornecedores - um estudo de caso de uma empresa de Catering Offshore / Sarah Beatriz Rangel Hernandez - Macaé, 2022.

59 f.

Orientador(a): Bruno Barzellay Ferreira da Costa.

Coorientador(a): Janaina Sant'anna Gomide Gomes.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Civil, 2022.

1. Fornecedores de material. 2. Industria offshore de petróleo.
3. Engenharia civil. I. Costa, Bruno Barzellay Ferreira da, orient. II. Título.

CDD 624

*Dedico o presente trabalho à Deus, que me fez resiliente frente os obstáculos do caminho. E a minha família, que são minha inspiração e força.*

## AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus pela sua presença incontestável e única em minha vida; em todos os momentos de aflição, angústia, procrastinação e dificuldades, me trouxe força, incentivo, coragem e persistência.

Aos meus pais, Marcelo e Vanessa, que com humildade e honestidade, fizeram-me melhor e me impulsionaram a perseverar em direção aos meus sonhos. A vocês, todo o meu amor e minha gratidão, por me permitirem ter muito mais do que vocês mesmos puderam ter.

Ao meu irmão, João Lucas, por me ensinar a amar, a dividir e lutar. Pela parceria e companheirismo ao longo dessa jornada.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Bruno, pela sabedoria e paciência com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus amigos, com quem compartilhei grandes momentos durante essa fase e pude receber gestos de encorajamento e de carinho, que me impulsionaram e me deram forças para continuar.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, avós, tios e primos, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte desta importante fase da minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre estas palavras, mas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e minha gratidão.

Em linhas gerais, agradeço a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização de mais esta etapa.

*“Tudo tem seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu.”*

(Eclesiastes 3:1 – NVI)

## RESUMO

HERNANDES, Sarah. **Aplicação dos Métodos FUZZY-AHP e FUZZY-TOPSIS no apoio à seleção de fornecedores – Um estudo de caso em uma empresa de catering offshore.** Macaé, 2022. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.

Um dos setores econômicos que mais vem ganhando espaço no mercado nos últimos tempos é o de prestação de serviços. A rápida expansão, a necessidade de processos ágeis e o volume de negócios envolvidos nas grandes empresas atualmente exigem tomadas de decisões cada vez mais rápidas e assertivas. Destacam-se nesse setor os serviços de *catering*, setor responsável pelo fornecimento de alimentação, que inclui o abastecimento com suprimentos alimentícios essenciais juntamente com o preparo dos mesmos e limpeza, em conjunto com a mão de obra qualificada para a execução das demandas. Tal categoria de prestação de serviços é responsável por todo o processo burocrático que envolve fornecimento e abastecimento de suprimentos da categoria alimentícia ao cliente. Sendo um serviço essencial de logística que movimenta recursos milionários mensalmente, suas demandas no ramo *offshore* têm sido cada vez mais elevadas com a expansão da exploração do petróleo nos últimos anos. Consequentemente, sua exposição e envolvimento em contratos indesejáveis aumenta, o que proporcionalmente, eleva a necessidade de decisões cada vez mais assertivas e eficazes. Dessa forma, o uso de ferramentas que auxiliam na tomada de decisões de maneira que as tornem mais confiáveis e reduzam os riscos no abastecimento e na excelência do serviço prestado tem se tornado cada vez mais necessárias. Dentre as possíveis ferramentas nesse apoio, encontram-se os Métodos de Decisão Multicritério (MCDM) que têm sido utilizados para auxiliar decisores na seleção de melhores alternativas para problemas de decisão diversos. Contudo, não foram verificados estudos que abordassem o desempenho desse método com foco na gestão de empresas de *catering*. Diante deste fato, o presente trabalho busca apresentar e descrever os métodos FUZZY-AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e FUZZY-TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) na seleção de fornecedores quanto aos aspectos de abastecimento de produtos alimentícios em uma empresa de *catering* local. Os critérios de decisão foram baseados em aspectos principais na seleção como qualidade, velocidade na entrega, credibilidade, flexibilidade e preço, enquanto os pesos foram definidos qualitativamente a partir de uma matriz de riscos. Cinco fornecedores foram avaliados e os resultados reiteram que os métodos são versáteis e adequados para problemas de seleção de fornecedores, e que se mostra eficiente em relação à complexidade na aplicação e na iteração requerida com os profissionais responsáveis pela avaliação, contribuindo para uma maior efetividade e agilidade nos processos de decisão.

**Palavras-chave:** MCDM. FUZZY AHP. FUZZY TOPSIS. *Catering*. Seleção de fornecedores.

## ABSTRACT

HERNANDES, Sarah. **Application of the *FUZZY AHP* and *FUZZY TOPSIS* to support supplier selection – A case study in an offshore catering company.** Macaé, 2022. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.

One of the economic sectors that has been gaining more space in the market in recent times is the service sector. The rapid expansion, the need for agile processes, and the volume of business involved in large companies today require increasingly rapid and assertive decision-making. Catering services stand out in this sector, which is responsible for the supply of food, including the supply of essential food supplies along with their preparation and cleaning, together with the qualified labor to carry out the demands. This category of service provision is responsible for all the bureaucratic process involving the supply and provisioning of food supplies to the client. Being an essential logistics service that moves millionaire resources monthly, its demands in the offshore industry have been increasingly high with the expansion of oil exploration in recent years. Consequently, its exposure and involvement in undesirable contracts increases, which proportionally raises the need for increasingly assertive and effective decisions. Thus, the use of tools that assist in decision making in a way that makes them more reliable and reduces the risks in the supply and excellence of the service provided has become increasingly necessary. Among the possible tools for this support are the Multicriteria Decision Methods (MCDM) that have been used to help decision makers select the best alternatives for various decision problems. However, there have been no studies addressing the performance of this method focusing on the management of catering companies. In view of this fact, this paper aims to present and describe the *FUZZY-AHP* (Analytic Hierarchy Process) and *FUZZY-TOPSIS* (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) methods in the selection of suppliers regarding the supply aspects of food products in a local catering company. The decision criteria were based on main aspects in the selection such as quality, speed of delivery, reliability, flexibility and price, while the weights were defined qualitatively from a risk matrix. Five suppliers were evaluated and the results reiterate that the methods are versatile and suitable for supplier selection problems, and that it proves to be efficient regarding the complexity in application and the required iteration with the professionals responsible for the evaluation, contributing to a greater effectiveness and agility in the decision processes.

**Keywords:** MCDM. *FUZZY AHP*. *FUZZY TOPSIS*. Catering. Supplier selection

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de decisão de fornecedores.....	19
Figura 2: Representação de um número triangular .....	27
Figura 3: Estrutura hierárquica básica do método AHP .....	29
Figura 4: Escala comparativa usada para avaliar a importância dos critérios de decisão .....	41
Figura 5: Escala comparativa usada para avaliar a importância dos critérios de decisão .....	48
Figura 6: Gráfico de pizza com o resultado da aplicação do método <i>fuzzy-AHP</i> .....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Escala de avaliação do C1.1.....	38
Quadro 2: Escala de avaliação do C1.2.....	38
Quadro 3: Escala de avaliação do C2.1.....	39
Quadro 4: Escala de avaliação do C2.2.....	39
Quadro 5: Escala de avaliação do C3.1.....	39
Quadro 6: Escala de avaliação do C3.2.....	40
Quadro 7: Escala de avaliação do C3.3.....	40
Quadro 8: Escala de avaliação do C4.....	41
Quadro 9: Escala de avaliação do C5.....	41
Quadro 10: Descrição resumida dos critérios utilizados.....	42
Quadro 11: Modelo de avaliação utilizado .....	43
Quadro 12: Resultado da avaliação do especialista 1 .....	43
Quadro 13: Resultado da avaliação do especialista 2 .....	43
Quadro 14: Resultado da avaliação do especialista 3 .....	43
Quadro 15: Resultados do Avaliador 1 convertidos em números fuzzy triangulares.....	44
Quadro 16: Resultados do avaliador 2 convertidos em números fuzzy triangulares .....	44
Quadro 17: Resultados do avaliador 3 convertidos em números fuzzy triangulares .....	44
Quadro 18: Verificação da consistência das avaliações.....	45
Quadro 19: Avaliações agregadas .....	45
Quadro 20: Média geométrica da avaliação sobre os critérios .....	45
Quadro 21: Resultado dos pesos difusos .....	46
Quadro 22: Pesos finais (%).....	47
Quadro 23: Resultado dos julgamentos do Avaliador 1.....	49
Quadro 24: Resultado dos julgamentos do Avaliador 2.....	49
Quadro 25: Resultado dos julgamentos do Avaliador 3.....	49
Quadro 26: Resultado do avaliador 1 convertido em fuzzy numbers.....	50
Quadro 27: Resultado do avaliador 2 convertido em fuzzy numbers.....	50
Quadro 28: Resultado do avaliador 3 convertido em fuzzy numbers.....	50
Quadro 29: Resultado das avaliações agrupadas.....	51
Quadro 30: Matriz normalizada .....	51
Quadro 31: Produto da matriz com o peso dos critérios.....	52
Quadro 32: Vetores solução ideal positiva e negativa .....	52
Quadro 33: Distância do vetor de cada fornecedor à solução ideal positiva e negativa .....	52
Quadro 34: Coeficiente de aproximação de cada fornecedor .....	53
Quadro 35: Ranking final dos fornecedores.....	53
Quadro 36: Ranking final da avaliação dos fornecedores.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Termos linguísticos para as classificações dos pesos dos critérios importantes.....	28
Tabela 2: Termos linguísticos para as classificações dos pesos dos subcritérios.....	28
Tabela 3: Escala linguística e números triangulares correspondentes .....	30
Tabela 4: Valores do índice de consistência aleatória .....	31
Tabela 5: Escala linguística e números triangulares correspondentes .....	33

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Função de pertinência .....	27
Equação 2: Operações matemáticas entre números triangulares.....	27
Equação 3: Função de membro.....	30
Equação 4: Equação do índice de consistência .....	30
Equação 5: Matriz de decisão difusa.....	31
Equação 6: Equação de agrupamento das avaliações .....	31
Equação 7: Matriz de decisões atualizada .....	31
Equação 8: Média geométrica .....	32
Equação 9: Pesos dos critérios .....	32
Equação 10: Média aritmética .....	32
Equação 11: Normalização dos critérios .....	32
Equação 12: Componente $X_{ij}$ matriz de decisão .....	34
Equação 13: Componente da matriz ponderada .....	34
Equação 14: Vetor solução fuzzy ideal positiva .....	34
Equação 15: Vetor solução fuzzy ideal negativa .....	34
Equação 16: Distância entre pontuação do fornecedor e a $FPIS + (di+)$ .....	34
Equação 17: Distância entre pontuação do fornecedor e a $FPIS - (di-)$ .....	35
Equação 18: Fórmula para distância entre números fuzzy .....	35
Equação 19: Coeficiente de aproximação.....	35
Equação 20: Equação de alteração de fuzzy triangulares.....	53

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

*AHP – Analytic Hierarchy Process*

*ANP - Analytic Network Process*

*CC<sub>i</sub> – Closeness coeficiente*

*MCDM – Multi-criteria Decision Making*

*TOPSIS – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*

*DEMATEL – Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*

*PROMETHEE – Preference Ranking Organization Method of Enrichment Evaluation*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 Contextualização .....	14
1.2 Justificativa .....	16
1.3 Objetivos .....	17
1.3.1 Objetivo Geral .....	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
1.4 Metodologia do trabalho .....	17
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 Processo de seleção de fornecedores.....	18
2.2 Definição dos critérios para a seleção de fornecedores .....	21
2.3 Métodos de decisão multicritério como suporte para a seleção de fornecedores .....	22
<b>3 MODELO FUZZY-AHP E FUZZY-TOPSIS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES .....</b>	<b>25</b>
3.1 Lógica dos conjuntos fuzzy.....	26
3.1.1 Variáveis linguísticas .....	28
3.2 Método de Processo de Hierarquia Analítica – AHP.....	28
3.3 Método da Técnica de Ordem de Preferência por semelhança com a solução ideal – TOPSIS .....	32
<b>4 ESTUDO DE REFERÊNCIA: APLICAÇÃO DOS MÉTODOS <i>F-AHP</i> E <i>F-TOPSIS</i> NO APOIO A SELEÇÃO DE FORNECEDORES .....</b>	<b>36</b>
4.1 Definição do problema.....	36
4.2 Definição dos critérios.....	37
4.3 Definição do peso dos critérios .....	41
4.4 Avaliação dos fornecedores.....	48
<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
<b>6 DISCUSSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

No atual contexto da globalização, onde empresas e indústrias estão inseridas em um meio competitivo, de alta concorrência e com a necessidade de destaque em meio as demais, a busca por estratégias de redução de custo, as levam como melhor solução a terceirização de produtos ou serviços. Atualmente, muitas organizações dependem fortemente das tendências de terceirização e se tornaram mais dependentes dos fornecedores para realizar suas tarefas de negócios (BAKHAT et al., 2019).

A variedade de atividades altamente especializadas, assim como a natureza cadenciada e muitas vezes, de curto prazo de diversas operações favoreceram para o aumento da terceirização de serviços e alavancou a participação de contratos no setor, transformando-o em um sistema sociotécnico complexo (ACCORSI et al., 2022).

Nesse contexto, os serviços de *catering* possuem grande relevância na participação da cadeia produtiva. Uma de suas vertentes é a atuação no abastecimento de suprimentos do corpo técnico de navios de petróleo e plataformas *offshore*, porém, o *catering* também se encarrega de demais *onshore*, como em hospitais, restaurantes, escolas, aeroportos e outros. O ramo hoje é um tipo de serviço de logística de suprimentos que movimenta recursos milionários mensalmente, além de mobilizar transporte, mão de obra, serviços de limpeza e alimentação das unidades petroleiras assim como de navios auxiliares.

O setor de *catering* se preocupa principalmente com o fornecimento de refeições e serviços de alimentação em locais remotos, como hotéis, hospitais, aeroportos e plataformas de petróleo por exemplo. Tal segmento é uma categoria especial da indústria de serviços, que enfatiza o fornecimento de alimentos, acomodação e limpeza, sendo contratadas para fornecer serviços de gerenciamento a organizações como hospitais, aeroportos, escolas, cujo negócio principal não é o *catering* (JANSE et al., 1998).

Sendo um sistema complexo que envolve tanto pessoas, como equipamentos na realização das atividades, boas estratégias de logística são fundamentais para a qualidade do serviço prestado. Nos casos de plataformas *offshore*, localizadas a quilômetros de distância da costa, a

falha no abastecimento de itens fundamentais, como água potável, pode comprometer e afetar completamente a rotina de produção de uma unidade.

Diante deste fato, afim de alinhar-se com as expectativas da empresa contratante é necessário a adoção de boas estratégias no processo de planejamento, implementação e controle do sistema de cadeia de suprimentos por parte da empresa contratada. Dado que as cadeias de abastecimento geram um valor acrescentado de mais de 80% do produto final ou serviço final (BARRIOS et al., 2021), medidas que tragam sucesso a esse setor garantem a reputação e sucesso da empresa em mercados altamente competitivos como os atuais.

No que tange a gestão de riscos na cadeia de suprimentos, a contratação de fornecedores qualificados é um fator chave para garantir que empresas terceirizadas e prestadoras de serviços sejam devidamente capacitadas e alinhadas aos padrões adotados pelas empresas contratantes. Tal processo é de suma importância para garantir a confiabilidade e gestão sólida do fornecedor, de forma a trazer ganhos e benefícios futuros tanto para a empresa contratada como para a contratante.

A seleção de fornecedores geralmente é considerada como um processo complexo devido ao envolvimento de muitos fatores incontroláveis e imprevisíveis. Além disso é encarada em diversas literaturas como um processo de tomada de decisão multicritério uma vez que vários critérios discordantes são levados em conta durante o processo (PETROVIC et al., 2019). A forma de determinar os fornecedores mais adequados na cadeia de abastecimento tem sido uma estratégia fundamental nos últimos anos, levando em conta critérios quantitativos e qualitativos nessa decisão (KILIC, 2013).

Deste modo, visto os inúmeros critérios existentes na seleção, o custo não pode ser o fator decisivo nesse momento, já que tal escolha pode impactar a performance do projeto e os negócios da empresa contratante a longo prazo. Assim, tanto critérios qualitativos (qualidade do produto, tempo de entrega e flexibilidade) como quantitativos (benefício, custo e logística) devem ser igualmente equilibrados e avaliados de modo a elevar a assertividade na decisão e consequentemente maximizar as receitas, melhorar o atendimento ao cliente, otimizar os níveis de estoque e proporcionar competitividade ao mercado (KILIC, 2013).

Segundo Chatterjee (2016), mesmo com parâmetros de decisão bem definidos, o processo de seleção pode se tornar ambíguo e com certo grau de incerteza à medida que a ponderação da relevância de cada critério é realizada pelos avaliadores, que possuem preferências, interpretações distintas para cada critério, assim como fatores pessoais. Dessa forma, a fim de resolver tais problemas relativos à seleção de fornecedores, métodos de decisão multicritério, técnicas estatísticas, e de inteligência artificial vem sendo exploradas no desenvolvimento de modelos de apoio de decisão (MOROTE et al., 2012).

Dentre as ferramentas desenvolvidas para esse apoio, a utilização de Métodos de Decisão Multicritério - MCDM têm sido abordadas por diversos autores, os quais têm explorado a aplicação destes de maneira isolada, como *TOPSIS*, *AHP*, *ANP* e *PROMETHEE*, ou a partir de combinações ou teorias híbridas como *FUZZY-TOPSIS* e *FUZZY-AHP* (MOROTE et al., 2012).

Portanto, considerando o disposto acima, pode-se afirmar que a seleção de serviços e produtos qualificados e alinhados às necessidades de execução de um projeto ou serviço é uma etapa crítica e importante para o sucesso e posicionamento da empresa no mercado. Um processo de seleção robusto, considerando atributos relevantes, garante confiabilidade a esta escolha.

## 1.2 Justificativa

Diante do uso de diferentes técnicas para a seleção de fornecedores, das quais grande parte possuem a finalidade de selecionar os mais qualificados provedores de matéria-prima para os mais diversos serviços, pouco se conhece na literatura, a utilização desses métodos para fornecedores no setor de *catering service*.

Ao longo desta pesquisa bibliográfica, foi identificado apenas um estudo na literatura que aborda a temática de ferramentas de seleção multicritério no setor de *catering*. No trabalho de 2019, Sufiyan et al. (2018) propôs o estudo e avaliação do desempenho do setor de *Food Supply Chain* com base em seis critérios importantes e indicadores-chave e utilizou a abordagem *FUZZY DEMATEL* para a priorização desses critérios de desempenho. O autor citado propôs a utilização de métodos de decisão multicritério, porém com o objetivo diferente da seleção de fornecedores para o setor.

Sendo assim, torna-se evidente a necessidade da realização de novos estudos voltados para a abordagem discutida e analisada no presente estudo. Muitas organizações vêm buscando estabelecer relações de longo prazo com seus fornecedores por meio da consideração de critérios de seleção relacionados ao perfil do fornecedor e ao seu potencial para colaboração. Logo, é de suma importância a utilização de ferramentas auxiliaadoras nesse processo e embasamentos teóricos associados para a solidificação dessas relações.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Estudar a aplicação dos métodos *fuzzy-AHP* e *fuzzy-TOPSIS* no apoio a seleção de fornecedores para uma empresa de *catering offshore*.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Diante dessa crescente demanda por fornecedores terceirizados e a necessidade de boas escolhas para a garantia de sucesso em projetos e operações, a presente dissertação tem por foco principal propor e avaliar a aplicação de um método prático e intuitivo na seleção de fornecedores em uma empresa de catering, de acordo com os critérios estabelecidos em comum acordo com os avaliadores.

Desta forma, são definidos os seguintes objetivos:

1. Elaborar um referencial teórico a partir da literatura acadêmica relacionada à aplicação de métodos de seleção multicritério;
2. Analisar a aplicação dos métodos TOPSIS e AHP, combinados com a lógica FUZZY a partir dos modelos matemáticos estabelecidos;
3. Definir os critérios de decisão para o método através do estudo de caso, abordando os avaliadores e entendendo a relevância de cada atributo individualmente;
4. Simular o processo de seleção de fornecedores e avaliar os resultados;

### **1.4 Metodologia do trabalho**

A abordagem metodológica do presente trabalho baseia-se em quatro etapas principais. Na primeira foi definido o objetivo e realizada uma ampla revisão bibliográfica utilizando trabalhos acadêmicos e artigos sobre conceitos que envolvem decisão multicritério.

Na segunda etapa são definidos os métodos que serão utilizados para o estudo de caso em questão.

Na terceira etapa foi feito o levantamento dos dados do estudo de caso para a simulação do processo de seleção dos fornecedores.

E por fim, na última etapa foram analisados os resultados obtidos com a aplicação dos métodos e se os mesmos atendem ao objetivo central do trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Processo de seleção de fornecedores**

A grande maioria das organizações que fornecem serviços ou bens, em algum momento do processo, necessitam de componentes que não são produzidos internamente. Quando tais situações acontecem, é necessário que um processo de compra seja iniciado. Durante essa fase, a escolha do fornecedor deve ser baseada em cinco objetivos de desempenho: qualidade, velocidade na entrega, credibilidade, flexibilidade e preço (FREJ et al., 2012) a fim de garantir que os sistemas e o desempenho dos fornecedores estejam de acordo com os objetivos da organização.

De acordo com Gonçalo et al. (2013), a seleção de fornecedores é um processo pelo qual potenciais empresas são avaliadas e pré-qualificadas para que, eventualmente, se tornem parte da cadeia de fornecedores de uma organização. A seleção de fornecedores é uma área que tem ganhado atenção crescente em muitos estudos, e há diversas abordagens que suportam este processo de tomada de decisão.

Ainda de acordo com este autor, no contexto atual da globalização, diversas empresas tem voltado sua atenção aos seus negócios principais e, por esta razão, acabam subcontratando serviços secundários. Esta tendência eleva a importância de processos estruturados para a seleção de fornecedores nessas organizações. Enquanto que, em muitas empresas de pequeno porte, a seleção de fornecedores é baseada apenas em critérios econômicos, empresas de maior porte devem selecionar seus fornecedores de maneira mais cautelosa, considerando diferentes critérios em benefício da continuidade de seus projetos, operações, além do risco reputacional.

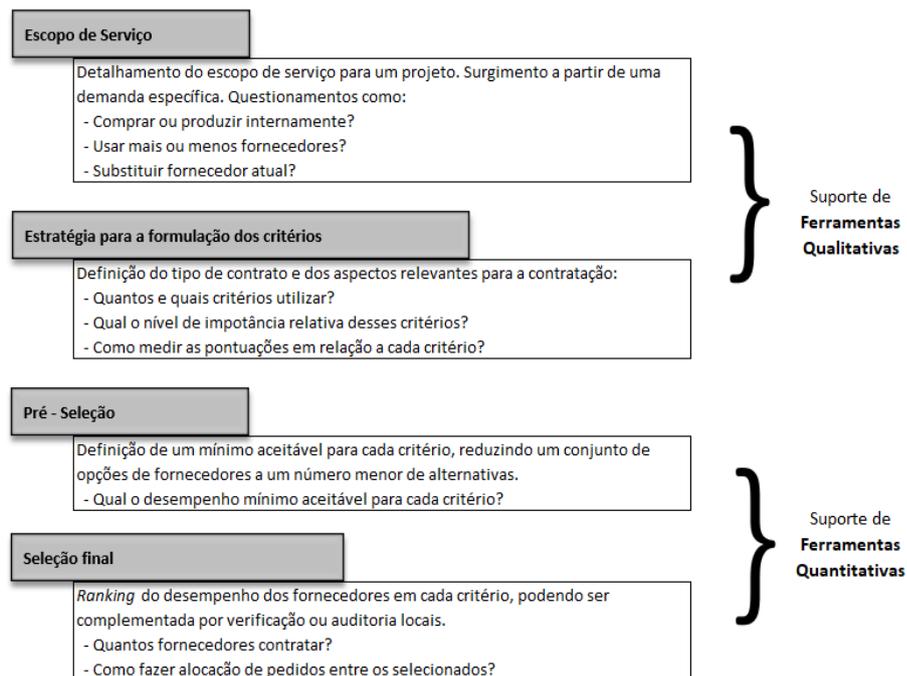
É possível perceber também, que o nível de assertividade necessário para o processo de seleção está diretamente ligado ao grau de importância e formalidade do projeto a ser executado. Por exemplo, em relação a seleção de fornecedores de materiais básicos para uma

obra ou até mesmo de água potável para uma empresa, o processo de seleção dos potenciais fornecedores para tal serviço é consideravelmente mais simples e informal do que quando trata-se de licitações mais sérias envolvendo a estruturação ou mobilização de uma unidade de petróleo.

Sendo assim, podemos observar que não apenas o porte de uma empresa ou o peso de suas decisões, mas diversos outros fatores vem contribuindo para que decisões relacionadas à seleção de fornecedores sejam mais complexas e assertivas. Segundo Junior et al. (2015), o aumento da concorrência e a necessidade de considerar cada vez mais critérios na avaliação de fornecedores também é um fator significativo para que a escolha seja feita de maneira mais cautelosa e assertiva.

Dessa forma, as decisões acerca da seleção de fornecedores não podem ser avaliadas separadamente, sendo necessária a consideração de diversos fatores em um processo estruturado e eficaz de seleção.

Em geral, grandes empresas possuem processos estruturados para a seleção de fornecedores. Este processo é dividido em etapas, nas quais são levados em consideração uma extensa gama de critérios qualitativos e quantitativos, de acordo com a necessidade de cada demanda e que reduzem o conjunto de possíveis fornecedores até a opção para a escolha final. De maneira simplificada, Junior et al. (2015) descreve este processo de maneira genérica na figura abaixo:



**Figura 1: Processo de decisão de fornecedores.**

Assim, as etapas da seleção de fornecedores apresentadas na figura acima podem ser detalhadas da seguinte forma:

- **Escopo de serviço:** Inicialmente, o processo de seleção é gerado a partir de uma demanda específica, onde há a necessidade da contratação de um serviço especializado.

- **Estratégia para a formulação dos critérios:** Em seguida, são estabelecidos os critérios de decisão que serão levados em consideração no momento da decisão, e que refletem os requisitos qualitativos, estratégicos e quantitativos.

- **Pré-seleção:** Esse estágio visa explorar superficialmente os critérios e reduzir o conjunto de fornecedores inicialmente avaliados, de forma a excluir aqueles que não atendem aos requisitos mínimos definidos no início do projeto e focar a seleção nas opções mais adequadas.

- **Seleção final:** Por fim, os possíveis fornecedores são ranqueados, e aquele que se encaixa melhor no perfil da demanda é selecionado.

Desta maneira, de acordo com o exposto acima, pode-se definir que as etapas que envolvem a seleção e a escolha do fornecedor são problemas de decisão multicritério, no qual os candidatos são avaliados de acordo com os requisitos estabelecidos.

Segundo Morote et. al (2012), diversos requisitos críticos devem ser considerados na decisão, para que seja possível obter bons resultados em uma aplicação de métodos de solução multicritério. O autor destaca as seguintes características críticas:

1. A pré-seleção e seleção final de fornecedores é um problema multicritério. O modelo de seleção utilizado deve comportar todos os critérios e avalia-los simultaneamente;
2. O processo de pré-seleção e seleção final contém incertezas herdadas da opinião e do julgamento dos diferentes tomadores de decisão;
3. A pré-seleção contém relações não-lineares ou incertezas subjetivas entre as informações e dados providos por diferentes empresas;
4. O modelo proposto deve ser capaz de adaptar os resultados às mudanças de conjunto associadas entre os contratantes;
5. O modelo também deve ser capaz de lidar tanto com aspectos qualitativos quanto com quantitativos;

Logo, conclui-se que etapas de “Escopo de serviço” e “Estratégia para a formulação dos critérios” necessitam da adoção de ferramentas qualitativas, enquanto as etapas de “Pré-

seleção” e “Seleção final” requerem o suporte de ferramentas quantitativas. Junior et al. (2015) reforça que os aspectos envolvidos na etapa inicial de definição do escopo de serviço tendem a influenciar nas demais etapas e na definição dos critérios de seleção. Já a quantidade (seja de natureza quantitativa ou qualitativa) dos critérios, influenciam na escolha do método de decisão a ser aplicado.

## 2.2 Definição dos critérios para a seleção de fornecedores

Dentre as quatro etapas destacadas anteriormente, a estratégia de formulação dos critérios é uma fase crucial, visto que serão a partir desses requisitos que a capacidade dos contratos será medida e julgada (MOROTE et al., 2012). Alguns autores propõem uma grande variedade de critérios de pré-qualificação e seleção final, de maneira a variar de acordo com as características dos projetos e demandas operacionais.

Porém, de acordo com Verdecho et al. (2021), é válido ressaltar que a inclusão de muitos critérios nos modelos aumenta a sua complexidade e sendo assim recomenda-se que os tomadores de decisão priorizem os critérios a serem aplicados, e que estes sejam suficientemente representativos para a situação. Portanto, verifica-se que é fundamental alinhar a escolha de critérios e de técnicas multicritério durante a modelagem de um problema de decisão.

Por conseguinte, sendo uma demanda regularmente realizada, é possível destacar critérios frequentemente identificados durante o processo de seleção. De acordo com Morote et al. (2012), os requisitos estabelecidos mais comuns e normalmente considerados são:

- **Capacidade técnica:** Onde o contratado deve-se mostrar capaz tecnicamente para atender o projeto;
- **Experiências passadas:** No qual o contratado deve expor seu portfólio de participações, principalmente em projetos similares ao escopo do projeto em questão;
- **Capacidade de gerenciamento:** O contratado deve demonstrar sua capacidade de planejar, controlar e executar o projeto;
- **Estabilidade financeira:** Nesse momento, por parte do cliente, deve se investigar a situação financeira do contratado, a fim de assegurar-se em relação a situação do projeto;

Nota-se que se tratando de estabilidade financeira, é necessário também avaliar o perfil do potencial fornecedor quanto aos aspectos de *compliance*, assim como o seu posicionamento em relação a comportamentos e práticas ilegais e ilícitas.

Dessa forma, Junior et al. (2015) também ressalta que os critérios para a seleção de fornecedores devem atender premissas como assertividade na identificação dos critérios, cálculos baseados em todos os atributos de cada critério, a necessidade de os requisitos serem compatíveis entre si, a partir de várias condições e acima de tudo, estarem de acordo com as metas e objetivos do serviço e da organização.

Logo, o presente trabalho busca dar ênfase aos critérios destacados acima, assim como critérios mais voltados para o custo, entrega e qualidade dos fornecedores, fundamentais para a seleção de fornecedores capacitados e que visam garantir a execução de um projeto sem riscos de abastecimento e comprometimento do serviço prestado. A abordagem dos critérios utilizados no estudo de caso será mencionada no tópico 5.1.

### **2.3 Métodos de decisão multicritério como suporte para a seleção de fornecedores**

No seguimento do processo de seleção de fornecedores, após as etapas de definição do escopo de serviço e de estratégia de formulação dos critérios, é necessário o suporte de ferramentas qualitativas para a continuidade nas etapas de pré-qualificação e seleção final. Principalmente em um contexto empresarial, em que as decisões são intencionais e estrategicamente tomadas, o envolvimento de diferentes tomadores de decisão e o uso de sistemas e métodos que garantam o sucesso na decisão tem sido cada vez mais explorados.

Dessa forma, a busca por métodos que auxiliassem nesse processo trouxe a utilização de ferramentas matemáticas de decisão multicritério, capazes de resolver problemas complexos de seleção que incluíssem múltiplos critérios e variáveis qualitativas. Uma das abordagens mais conhecidas é a utilização de métodos de seleção multicritério – *Multi-criteria Decision Making* (MCDM) que apoiam os gestores na seleção dos fornecedores, com base nos critérios definidos e nas suas avaliações adequadas (BARRIOS et al., 2021).

O uso de métodos de decisão multicritério tornou-se amplamente aceito no quesito seleção de fornecedores (PETROVIC et al., 2019). Estes métodos permitem que os avaliadores determinem suas escolhas quantificando critérios qualitativos, calculando a pontuação total de cada parâmetro e ranqueando-os do mais indicado ao menos indicado, de acordo com a

prioridade estabelecida para cada critério (WANG et al., 2020). Alguns dos métodos comumente utilizados incluem a Técnica de Ordem de Preferência por Semelhança à Solução Ideal (*TOPSIS*), Processo Analítico em Rede (*ANP*), Processo Analítico Hierárquico (*AHP*), Método de organização do ranking de preferências para avaliação de enriquecimento (*PROMETHEE*), assim como algumas abordagens híbridas (WANG et al., 2020).

Em destaque, podemos citar o Método de Processos de Hierarquia Analítica – *AHP*, proposto por Saaty (1980) e Amiri (2010), uma ferramenta que aborda como determinar a importância relativa de um conjunto de critérios identificados com base na revisão da literatura e nas opiniões dos avaliadores (KAO et al., 2022). Ao aplicar o *AHP*, considerando julgamentos sobre critérios tangíveis e intangíveis e determinando os pesos de cada um, chega-se a uma matriz de comparação por pares (YAZDANI et al., 2014). De acordo com o mesmo autor, a vantagem mais considerável da *AHP* é a estrutura hierárquica do modelo, que a partir da comparação par a par dos critérios estabelecidos, informa o grau de importância de cada um deles, reduzindo os riscos da decisão e aumentando a eficácia do problema.

Embora a clássica *AHP* tenha sido amplamente aceita e utilizada por acadêmicos e profissionais para resolver problemas de decisão multicritério, ela não é capaz de lidar com as incertezas geradas pela opinião humana (POLATI et al., 2017). Durante o processo de comparação par a par, é quase impossível para os avaliadores fornecer valores numéricos exatos. Assim, em alguns casos os críticos determinam suas preferências por variáveis linguísticas, palavras e frases ao invés de valores fixos (POLATI et al., 2017).

Desta maneira, a utilização da teoria do conjunto difuso foi uma poderosa ferramenta para refletir o raciocínio humano ao gerar decisões (POLATI et al., 2017). Portanto, a integração da teoria *FUZZY* ao método *AHP* pôde ajudar a tornar o processo de avaliação mais flexível e adequado à natureza incerta das preferências dos avaliadores (POLATI et al., 2017). A ideia principal em torno da *FAHP* é a representação de preferências por números triangulares nebulosos (*TFN - Triangular Fuzzy Numbers*) ao invés de números nítidos, na comparação par a par.

Já a Técnica de Ordem de Preferência por Semelhança à Solução Ideal (*TOPSIS*), desenvolvida por Hwang e Yoon (1981), é amplamente utilizada para resolver problemas de classificação. A ideia principal do *TOPSIS* é baseada num sistema geométrico de  $m$  pontos no espaço  $n$ -dimensional de critérios. Assim, a escolha é determinada pela menor distância da solução-positiva ideal (PIS) e a maior distância da solução-negativa ideal (NIS). No método, é

calculado um índice, que define a proximidade ao PIS e o afastamento ao NIS e é selecionada a alternativa com a máxima semelhança com o PIS (POLATI et al., 2017).

Da mesma forma que ocorre com o método *AHP*, o *TOPSIS* é muitas vezes criticado pela sua incapacidade de lidar com as ambiguidades e mapear as incertezas dos críticos na avaliação do desempenho das alternativas em relação aos vários critérios. Logo, a fim de mitigar esse problema, o método *TOPSIS* também foi estendido com a teoria do conjunto difuso (POLATI et al., 2017). O objetivo principal do *FUZZY TOPSIS* é a utilização de números nebulosos ao invés de nítidos no processo de avaliação.

Neste sentido, podem ser encontrados na literatura diversos trabalhos que abordam os métodos citados acima. Wang et al. (2019) utilizou métodos MCDM no suporte à seleção de fornecedores em uma indústria de plásticos. Barrios et al. (2021) baseou seu estudo nos métodos *AHP* e *TOPSIS* para a seleção de fornecedores em uma indústria de mineração. Yazdani et al. (2014) utilizou os métodos híbridos do *AHP* e *TOPSIS* para a seleção de fornecedores em uma indústria de óleo e gás. Yildiz et al. (2015) realizou uma revisão da literatura sobre os métodos de decisão multicritérios. Wang et al. (2018) utilizou a metodologia *FUZZY* na seleção de fornecedores sustentáveis. Royendegh et al. (2020) utilizou *FUZZY TOPSIS* no apoio a seleção de fornecedores com práticas sustentáveis. Jain et al. (2016) utilizou *FUZZY AHP* e *TOPSIS* para a seleção de fornecedores em uma indústria automotiva indiana.

Estudos individuais e comparações entre métodos também são comumente encontrados, por exemplo Petrovic et al. (2019) realizou comparações de três métodos *FUZZY* para a solução de problemas de seleção de fornecedores. Junior et al. (2014) comparou diretamente os métodos *FUZZY AHP* e *FUZZY TOPSIS*. Hruska et al. (2013) utilizou apenas o método *AHP* para a seleção de fornecedores. Kao et al. (2022) propôs a utilização de métodos nebulosos para a seleção de fornecedores no *Supply Chain*. Assim como Lu et al. (2013) realizou uma revisão sobre tecnologias *fuzzy* no suporte a decisões.

É possível encontrar também, modelos híbridos e combinações de métodos para o suporte em tais problemas. Kannan et al. (2019) utilizou *FUZZY TOPSIS* para a seleção de fornecedores sustentáveis em uma empresa de eletrônicos brasileira. Azizi et al. (2015) utilizou *FUZZY TOPSIS* para ranquear fornecedores automotivos. Calik et al. (2020) utilizou *FUZZY AHP* e *FUZZY TOPSIS* para a seleção de fornecedores sustentáveis em indústria 4.0. Kumar et al. (2019) baseou suas melhores decisões no apoio a seleção de fornecedores utilizando *TOPSIS* e *AHP* para uma indústria locomotiva indiana. Com o apoio dos métodos *AHP* e *TOPSIS* Azimifard et al. (2018) selecionou fornecedores sustentáveis para uma indústria iraniana de

ção. Yildiz et al. (2017) aplicou o método *FUZZY TOPSIS* para selecionar o melhor fornecedor. Assim como Matic et al. (2019) utilizou modelos híbridos de decisão para selecionar fornecedores sustentáveis no ramo da construção civil, Memari et al. (2019) e Verdecho et al. (2021) também buscaram apoio para fornecedores sustentáveis se baseando nos mesmos métodos.

Assim como os citados acima, diversos outros autores utilizaram métodos de decisão multicritério no suporte de seus projetos. Wang et al. (2020) também utilizou *MCDM* para selecionar o melhor fornecedor para projetos de produção de petróleo no Vietnã. Para determinar fornecedores de painéis fotovoltaicos, Wang et al. (2018) também utilizou métodos de decisão multicritérios. Chien et al. (2020) utilizou modelos *fuzzy* para selecionar a localização de plantas hidroelétricas.

Portanto, é possível notar que a utilização de metodologias de decisão multicritério no suporte a seleção de fornecedores vem sendo amplamente estudado e aplicado em grandes projetos e serviços. O presente trabalho busca utilizar os métodos *FUZZY AHP* e *FUZZY TOPSIS* no apoio a seleção de fornecedores de abastecimento de serviços de catering. Visando eliminar as incertezas devido a opinião dos decisores e na ordenação para viabilizar a escolha de uma ou mais opções.

### **3 MODELO FUZZY-AHP E FUZZY-TOPSIS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES**

Neste capítulo será detalhada a construção de um método de decisão, baseado na combinação dos métodos *TOPSIS* e *AHP* com a lógica *fuzzy* aplicados a problemas de seleção de fornecedores de suprimentos para uma empresa de catering. Dentre os inúmeros métodos disponíveis para decisões multicritério, os dois em questão foram escolhidos por estarem mais enquadrados com o objetivo de aplicação no estudo de referência e por seus resultados retornarem tanto a importância de cada critério analisado, quanto a colocação de cada potencial fornecedor em relação aos critérios definidos.

### 3.1 Lógica dos conjuntos fuzzy

Para solucionar problemas de incertezas, o conceito por trás da teoria *fuzzy* foi proposto por Zadeh na década de 1960 e vem sendo usados em inúmeras aplicações para a formulação de modelos em diversos campos da ciência (JUNIOR et al., 2015).

A teoria dos conjuntos *fuzzy* funciona como um suporte para tratar imprecisões na linguagem natural, assim como a visão particular e parcial de cada decisor. Apesar de esta lógica permitir tratar questões tanto subjetivas como objetivas, as técnicas não eliminam totalmente a subjetividade inerente à natureza das avaliações humanas, mas sim nos permitem manipular este fenômeno subjetivo (CHEN et al., 2016).

Tal teoria envolve componentes de uma função de pertinência  $\mu_a(x)$  para definir um subconjunto difuso  $\bar{a}$  em um universo  $X$ . Cada elemento  $x$  em  $X$  é associado a um número real no intervalo  $[0,1]$  pela função de pertinência  $\mu_a(x)$  cujo valor da função é denominado grau de pertinência de  $x$  em  $\bar{a}$ . (ZHAO et al. 2016).

O valor 0, ou valor nulo, indica que determinado elemento não pertence a um conjunto, e representa a “total não pertinência” e o valor 1 indica “total pertinência”. Os outros tipos de pertinência são dados pelos valores entre 0 e 1. Desta forma, também podem ser interpretados como graus de veracidade da afirmativa, ou seja, essa teoria transforma Falso e Verdadeiro em números reais, no intervalo de 0 a 1 em que 0 é falso e 1 é verdadeiro (CHEN et al., 2016).

A teoria difusa, por sua vez, possui representações triangulares onde são considerados três parâmetros na função e representações quadrangulares ou trapezoidais, onde o número de parâmetros na função passa a ser quatro.

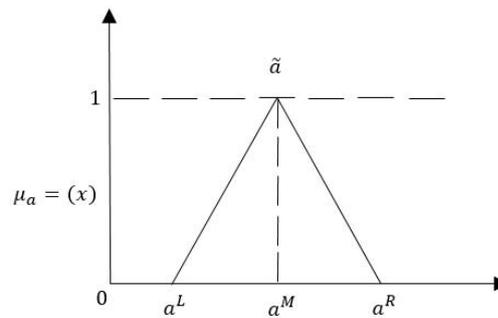
Para o trabalho em questão, assim como para o estudo de referência apresentado, foi utilizado a representação triangular, a qual fornece resultados satisfatórios na análise em questão e se adequa mais ao objetivo do estudo de caso.

Um número triangular é representado por  $\bar{a} = [a^L, a^M, a^R]$ , como mostrado na Figura 3, são componentes da função  $\mu_a(x)$  expressa na Equação 1 como:

$$\mu_{\bar{a}}(x) = \begin{cases} 0 & , x < a^L \\ \frac{x-a^L}{a^M-a^L}, & a^L \leq x < a^M \\ \frac{a^R-x}{a^R-a^M}, & a^M \leq x \leq a^R \\ 0 & , x > a^R \end{cases} \quad (\text{Eq. 1})$$

**Equação 1: Função de pertinência**

Onde  $a^L, a^M$  e  $a^R$  são números reais e  $-\infty < a^L \leq a^M \leq a^R < +\infty$ . Sendo que  $\mu_{\bar{a}}(x)$  alcança seu maior valor quando  $x = a^M$  e seu grau mínimo quando  $x = a^L$ . Desta forma  $a^L$  e  $a^R$  são os limites superior e inferior da área disponível, respectivamente, os quais refletem a impressão da avaliação de cada critério (ZHAO et al., 2014).



**Figura 2: Representação de um número triangular**

Assim, supondo que  $\bar{a} = [a^L, a^M, a^R]$  e  $\bar{b} = [b^L, b^M, b^R]$ , são dois números triangulares. As principais operações entre  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$  e  $\lambda$ , sendo  $\lambda$  um número real, são expressos da seguinte forma:

- (1)  $\bar{a} \oplus \bar{b} = (a^L + b^L, a^M + b^M, a^R + b^R)$
- (2)  $\bar{a} \ominus \bar{b} = (a^L - b^L, a^M - b^M, a^R - b^R)$
- (3)  $\bar{a} \otimes \bar{b} = (a^L * b^L, a^M * b^M, a^R * b^R), \text{ para } a^L \geq 0, b^L \geq 0$  Eq. (2)
- (4)  $\bar{a} \oslash \bar{b} = (\frac{a^L}{b^L}, \frac{a^M}{b^M}, \frac{a^R}{b^R}), \text{ para } a^L \geq 0, b^L \geq 0$
- (5)  $\lambda \otimes = (\lambda a^L, \lambda a^M, \lambda a^R), \text{ para } \lambda \geq 0$
- (6)  $\lambda \oslash \bar{b} = (\frac{\lambda}{a^L}, \frac{\lambda}{a^M}, \frac{\lambda}{a^R}), \text{ para } a^L \geq 0, \lambda \geq 0$

**Equação 2: Operações matemáticas entre números triangulares**

### 3.1.1 Variáveis linguísticas

As variáveis linguísticas podem ser definidas como, aquelas cujos valores são sentenças definidas em linguagem natural. O uso destas variáveis requer que seja definido um conjunto de termos linguísticos que permita atribuir valores mensuráveis.

A principal função das variáveis é propor uma maneira de caracterizar a complexidade e a falta de clareza inerente ao problema. Dessa forma, as classificações usadas para critérios importantes estão listadas na Tabela 1, e na Tabela 2 encontram-se os termos e pesos para os critérios subjetivos:

**Tabela 1 Termos linguísticos para as classificações dos pesos dos critérios importantes**

<b>Termos linguísticos</b>	<b>Membros da função</b>
Muito baixo	(0,0,0.3)
Baixo	(0,0.3,0.5)
Médio	(0.2,0.5,0.8)
Alto	(0.5,0.7,1)
Muito alto	(0.7,1,1)

**Tabela 2: Termos linguísticos para as classificações dos pesos dos subcritérios**

<b>Termos linguísticos</b>	<b>Membros da função</b>
Muito ruim	(0,0,0.2)
Ruim	(0,0.2,0.4)
Justo	(0.3,0.5,0.7)
Bom	(0.6,0.8,1)
Muito bom	(0.8,1,1)

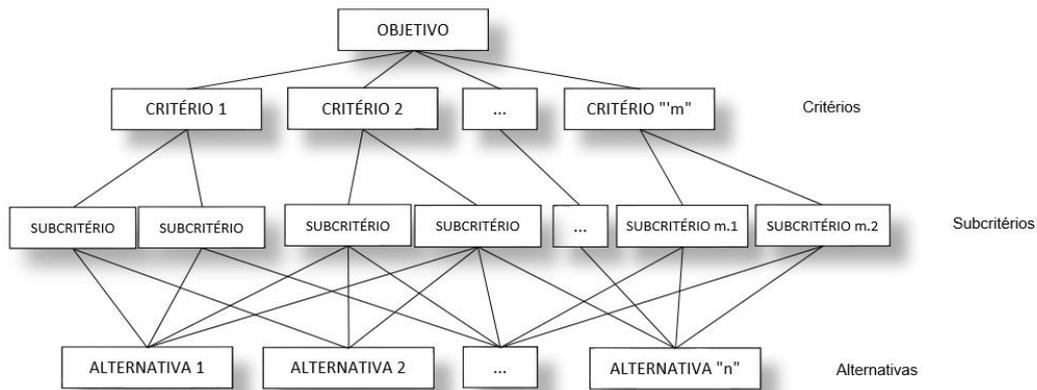
### 3.2 Método de Processo de Hierarquia Analítica – AHP

Desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970, o *AHP* é uma ferramenta de tomada de decisão de múltiplos critérios que aborda como determinar a importância relativa de cada critério dentro de um universo e normalmente é aplicada para superar problemas em condições incertas (YAZDANI et al., 2014).

Apesar de sua ampla gama de aplicações, a abordagem *AHP* convencional não reflete totalmente o estilo do pensamento humano. Visto que os tomadores de decisão geralmente se sentem mais confiantes e precisos para fazer julgamentos verbais ao invés de expressar sua opinião na forma de valores numéricos únicos (ZAFARI et al., 2013). Dessa forma, o conjunto

*fuzzy* fornece mais precisão para resolver esse problema, minimizando os graus de ruído em suas variáveis. Com esta modificação, *AHP* passa a ser *Fuzzy AHP*. Neste trabalho, apresentaremos a análise *FAHP* desenvolvida por Chang (1996).

Conforme mostra a Figura 4, no *AHP* a representação de um problema é feita em uma estrutura hierárquica com a finalidade de capturar os elementos básicos do problema. Nessa estrutura, os elementos são comparados par a par com os outros elementos, buscando-se deduzir alguns julgamentos.



**Figura 3: Estrutura hierárquica básica do método AHP**

Dessa forma, em aplicações combinadas, o *AHP* costuma ser utilizado por ser capaz de captar fatores subjetivos, principalmente na determinação dos pesos. Na combinação proposta por Buckley (1985), o mesmo incorporou um método de razão de comparação difusa ao método original de Saaty.

Tal proposta além de ser amplamente utilizada em diversos tipos de problemas relacionados à gestão de operações, este é o método *fuzzy AHP* mais utilizado para a seleção de fornecedores pela simplicidade nos procedimentos de cálculo e facilidade na aplicação. Abaixo encontra-se o algoritmo de aplicação do método, assim como o procedimento de cálculo:

- i. Primeiramente é necessário identificar e criar uma hierarquia de decisão na qual devem ser identificados o objetivo da decisão, os critérios, subcritérios e alternativas.
- ii. Em seguida, definir um conjunto de termos linguísticos comparativos para quantificar o desempenho do fornecedor e outro conjunto para avaliar o peso dos critérios. Além disso, identificar os números *fuzzy* triangulares correspondentes a cada termo linguísticos, conforme a Tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Escala linguística e números triangulares correspondentes

Escala linguística	Números <i>fuzzy</i> triangulares	Números <i>fuzzy</i> triangulares inversos
Igual preferência (I)	(1,1,1)	(1,1,1)
Preferência moderada (MO)	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
Preferência forte (F)	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Preferência muito forte (MF)	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Preferência absoluta (AB)	(7,9,11)	(1/11,1/9,1/7)

iii. E de acordo com a Tabela 3, cada avaliador deverá ponderar o desempenho dos fornecedores em relação aos critérios adotados.

A comparação pode ser descrita pelos M números triangulares e são representações por  $(a, b, c)$  e os membros da função são definidos pela Equação 3:

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{se } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{se } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}, \text{ para, } -\infty < a \leq b \leq c < \infty \quad \text{Eq. (3)}$$

Equação 3: Função de membro

Onde temos que a e c são os limites inferior e superior, enquanto o valor intermediário é representado pelo parâmetro b.

Dessa forma, obtidas as avaliações de cada especialista, damos seguimento com a aplicação do método *FAHP* é a mesma pode ser representada pelas seguintes fases:

1. Primeiramente deve-se testar a consistência das avaliações coletadas calculando o Índice de Consistência (CR – *consistency ratio*) utilizando a equação 4, em que  $\lambda$  é o autovalor máximo e  $\eta$  é a ordem da matriz de comparações. A condição que os julgamentos devem atender é  $CR \leq 0,10$  e as avaliações que não satisfazem a esta condição devem ser revistas.

$$CR = \frac{\lambda - \eta}{(\eta - 1)RI} \quad \text{Eq. (4)}$$

Equação 4: Equação do índice de consistência

O índice de consistência dos julgamentos também considera um erro de consistência aleatória (Random consistency index – RI), cujos valores são determinados de acordo com a ordem da matriz de comparações. A tabela abaixo mostra um conjunto de valores RI:

**Tabela 4: Valores do índice de consistência aleatória**

<b>N</b>	<b>RI</b>
3	0,52
4	0,89
5	1,11
6	1,25
7	1,35
8	1,40
9	1,45

2. Logo após, é realizado o julgamento par a par dos critérios e subcritérios utilizando os números triangulares difusos descritos na Tabela 3. A partir disso, a matriz de decisão difusa  $\tilde{A}^k(a_{ij})$  pode ser obtida conforme a Equação 5 abaixo:

$$\tilde{A}^K = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11}^k & \tilde{a}_{12}^k & \dots & \tilde{a}_{1n}^k \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^k & \tilde{a}_{n2}^k & \dots & \tilde{a}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (5)}$$

**Equação 5: Matriz de decisão difusa**

3. Em seguida, se há um grupo de especialistas, as avaliações devem ser agregadas utilizando a Equação 6, onde K é o número de especialistas que participaram do processo de tomada de decisão. Em seguida a matriz de decisão *fuzzy* inicial é atualizada e descrita na Equação 7:

$$\tilde{a}_{11} = \sqrt[k]{\tilde{a}_{ij}^1 * \tilde{a}_{ij}^2 * \dots * \tilde{a}_{ij}^k} \quad \text{Eq. (6)}$$

**Equação 6: Equação de agrupamento das avaliações**

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (7)}$$

**Equação 7: Matriz de decisões atualizada**

4. Na sequência, é calculada a média geométrica das comparações difusas  $\tilde{r}_i$  para cada critério ou subcritério com base na Equação 8:

$$\tilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, i = 1, 2, \dots, n. \quad \text{Eq. (8)}$$

**Equação 8: Média geométrica**

5. Logo após, são feitos os cálculos dos pesos de cada critério e subcritério  $\tilde{w}_i$  utilizando a Equação 9:

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} = (lw_i, mw_i, uw_i) \quad \text{Eq. (9)}$$

**Equação 9: Pesos dos critérios**

6. Em seguida, é necessário retornar para números não difusos aplicando o método do Centro de área descrito por Wang, 2009. O método é descrito pela Equação 10 onde  $M_i$  é um número não difuso:

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad \text{Eq. (10)}$$

**Equação 10: Média aritmética**

7. E por fim, normaliza-se  $M_i$  utilizando a Equação 11:

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad \text{Eq. (11)}$$

**Equação 11: Normalização dos critérios**

Após a normalização de cada peso, as pontuações são ranqueadas e identificamos o grau de importância de cada critério ou subcritério.

### **3.3 Método da Técnica de Ordem de Preferência por semelhança com a solução ideal – TOPSIS**

O método TOPSIS foi proposto na década 1981 e consiste em escolher uma alternativa que esteja tão próxima quanto possível da solução ideal positiva e o mais distante possível da solução ideal negativa.

Na abordagem clássica do método *TOPSIS*, os valores dos elementos que compõem a matriz de decisão são números *crisp*. Porém, apesar da sua facilidade no entendimento e metodologia, sua aplicação em alguns casos se torna inviável devido a incapacidade de lidar com incertezas sob as decisões (JUNIOR et al., 2015).

Dessa forma, assim como no método AHP a utilização da metodologia *fuzzy* também se tornou favorável e, com isso o método passa a utilizar números *fuzzy* triangulares ao invés de números *crisp* na matriz de decisão.

Assim, a solução ideal positiva *fuzzy* (*FPIS*) em relação a cada critério é definida como  $\tilde{v}_f^+ = (1,1,1)$  e a solução ideal negativa *fuzzy* (*FNIS*) é definida como  $\tilde{v}_f^- = (0,0,0)$ . A metodologia de aplicação do método *fuzzy TOPSIS* é definida a seguir:

- i. Primeiramente, é necessário definir um conjunto de critérios de decisão que seja coerente com os requisitos operacionais e estratégicos da organização;
- ii. Em seguida, utilizando os valores linguísticos da Tabela 4, cada avaliador deve avaliar a importância relativa dos critérios de decisão assim como o desempenho dos fornecedores em relação aos critérios adotados;

**Tabela 5: Escala linguística e números triangulares correspondentes**

<b>Escala linguística</b>	<b>Números <i>fuzzy</i> triangulares</b>
Muito baixa (MB)	(0,0,0.25)
Baixa (B)	(0,0.25,0.50)
Mediana (M)	(0.25,0.50,0.75)
Alta (A)	(0.50,0.75,1.0)
Muita Alta (MA)	(0.75,1.0,1.0)

A partir das informações obtidas nos itens acima, é necessário realizar a parametrização das mesmas utilizando os seguintes procedimentos de cálculos iterativos propostos pelo método de Chen (2000):

- i. Transformar as avaliações linguísticas de cada julgador em *fuzzy numbers*.
- ii. Agregar os julgamentos dos k especialistas quanto à avaliação dos i fornecedores em relação a cada critério j de acordo com a Equação 12:

$$\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij},)$$

Onde, para um conjunto de k avaliadores, temos que:

$$a_{ij} = \min\{a_{ij}^1, a_{ij}^2, \dots, a_{ij}^k\}$$

$$b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k \quad \text{Eq. (12)}$$

$$c_{ij} = \max\{c_{ij}^1, c_{ij}^2, \dots, c_{ij}^k\}$$

**Equação 12: Componente  $\tilde{X}_{ij}$  matriz de decisão**

iii. Logo após obter a matriz de decisão combinada, normalizar a matriz obtida utilizando a Equação 13:

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})}{\sum_{n=1}^n (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})_n^2} \quad \text{Eq. (13)}$$

**Equação 13: Componente da matriz ponderada**

iv. Em seguida, multiplicar  $(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  pelo peso do critério correspondente obtido no item 4.2.

v. Obter o valor solução *fuzzy* ideal positiva (*fuzzy positive ideal solution – FPIS,  $A^+$* ) e o vetor de solução *fuzzy* ideal negativa (*fuzzy negative ideal solution – FNIS,  $A^-$* ), conforme as Equações 14 e 15, respectivamente. Assim como o método de Chen (2000), adotando o método *vertex*, define-se  $\tilde{v}_j^+ = (1,1,1)$  e  $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ . Logo:

$$A^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_j^+, \dots, \tilde{v}_m^+\} \quad \text{Eq. (14)}$$

**Equação 14: Vetor solução *fuzzy* ideal positiva**

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_j^-, \dots, \tilde{v}_m^-\} \quad \text{Eq. (15)}$$

**Equação 15: Vetor solução *fuzzy* ideal negativa**

vi. Para cada fornecedor avaliado, é necessário calcular a distância entre as pontuações dos fornecedores e a  $FPIS^+(d_i^+)$  e a  $FPIS^-(d_i^-)$  utilizando as equações 16 e 17 respectivamente:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad \text{Eq. (16)}$$

**Equação 16: Distância entre pontuação do fornecedor e a  $FPIS^+(d_i^+)$**

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad \text{Eq. (17)}$$

**Equação 17: Distância entre pontuação do fornecedor e a  $FPIS^-(d_i^-)$**

Nas equações acima,  $d(.,.)$  representa a distância entre dois números *fuzzy*. Para o caso de números *fuzzy* triangulares, seu valor pode ser obtido por meio da equação 17:

$$d(\tilde{x}, \tilde{z}) = \sqrt{[(l_x - l_z)^2 + (m_x - m_z)^2 + (u_x - u_z)^2]} \quad \text{Eq. (18)}$$

**Equação 18: Fórmula para distância entre números fuzzy**

Para cada fornecedor avaliado, por fim, deve-se calcular o coeficiente de aproximação (*closeness coefficient* –  $CC_i$ ) utilizando a equação 18 e ordenar os resultados em ordem decrescente:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \quad \text{Eq. (19)}$$

**Equação 19: Coeficiente de aproximação**

No ranking final, o valor de cada coeficiente é definido entre 0 e 1. Quão mais próximo de 1.0 for este valor, melhor é o desempenho global do fornecedor. No próximo capítulo será abordada a aplicação dos métodos descritos acima, assim como a discussão dos resultados.

## 4 ESTUDO DE REFERÊNCIA: APLICAÇÃO DOS MÉTODOS *F-AHP* E *F-TOPSIS* NO APOIO A SELEÇÃO DE FORNECEDORES

### 4.1 Definição do problema

A problemática de seleção de fornecedores apresentada neste estudo de caso hipotético tem como base uma empresa do setor de *catering offshore*, que tem como atividade final o fornecimento de alimentação e higienização local de unidades de perfuração de petróleo e embarcações de apoio. Tal empresa hoje enfrenta questões específicas com a seleção e abastecimento de itens da categoria de secos, que englobam produtos não perecíveis como grãos, farináceos e bebidas, essenciais para o preparo das refeições a bordo.

Neste contexto, deve se considerar a complexidade específica inerente a este tipo de contrato, a qual está relacionada a interfaces operacionais e contratos de curto e longo prazo. Assim como a necessidade de escolhas assertivas visando o bom desempenho no serviço e o abastecimento constante das unidades.

#### 4.1.1 Metodologia do estudo de referência

A metodologia de aplicação dos métodos no estudo de caso foi realizada da seguinte forma:

- i. Inicialmente são elaboradas reuniões junto ao corpo de avaliadores para primeiras considerações e informações preliminares. Os três participantes do corpo de avaliadores ocupam o mesmo nível hierárquico dentro da organização, e essa quantidade foi definida pelo fato de a empresa contar com apenas três funcionários que executam essa função.
- ii. Em seguida, foi definido em conjunto os critérios de avaliação adotados, escolhidos a partir de fatores também descritos no tópico 5.2. A quantidade de critérios foi estabelecida de modo que a avaliação não se tornasse maçante e demorada, mas que atendesse às necessidades do estudo.
- iii. Posteriormente, foi realizada a pré-seleção dos potenciais fornecedores participantes da simulação, baseados nos critérios estabelecidos.
- iv. Logo após, foi estabelecido os pesos definidos para cada critério, apresentados com a aplicação do método *fuzzy AHP*, que inclui a percepção dos avaliadores da empresa em relação a importância de cada critério.

- v. Após o resultado dos pesos e a relevância dos objetivos, foi realizado a aplicação do método *fuzzy TOPSIS* para avaliação dos possíveis fornecedores, de acordo com os critérios definidos e os resultados ranqueados de forma decrescente.

#### 4.2 Definição dos critérios

Os critérios de decisão adotados para a avaliação dos fornecedores são apresentados nas tabelas abaixo. Tais critérios foram criteriosamente extraídos da literatura acadêmica, e foram escolhidos por se encaixarem no perfil de decisão e também por serem os mais utilizados nos modelos *fuzzy TOPSIS* e *fuzzy AHP*. Tal seleção dos critérios também contou com a observação dos avaliadores, identificando subcritérios de acordo com a abordagem de seleção utilizada na empresa.

No Capítulo 4, Tabelas 3 e 4, foram definidas as escalas de termos linguísticos a serem aplicadas durante a avaliação dos especialistas, onde a primeira refere-se ao método *fuzzy AHP* e será utilizada para a avaliação dos critérios e a segunda refere-se ao método *fuzzy TOPSIS* e será utilizada para a avaliação dos fornecedores entre si.

Na escala temos os valores de Muito Baixo (MB) que se refere à baixa qualidade e capacidade do fornecedor para executar um determinado serviço, e Muito Alta (MA) atribuídos para o melhor desempenho possível, dentro da problemática avaliada. O número de termos linguísticos definidos foi estabelecido de modo a encurtar a gama de possibilidades de voto aos avaliadores, mas que fosse o suficiente para o trabalho. Considerar muitas variáveis tornaria a avaliação mais demorada e com um maior nível de incerteza.

Nos métodos escolhidos, uma prática comum é utilizar apenas a percepção e experiência do entrevistado para prosseguir com a avaliação, desconsiderando dados. Porém, para a aplicação deste estudo de caso, realiza-se a associação dos termos linguísticos definidos as escalas qualitativa e quantitativa, de forma a determinar as condições de escolha. Desta forma, para este estudo, foram considerados nove critérios, os quais se encontram detalhados a seguir juntamente com a sua fundamentação racional:

- **Critério  $C_1$  – Qualidade:**

O Critério  $C_1$  é definido como o desempenho decorrente de uma avaliação ampla da Gestão da qualidade da empresa fornecedora, assim como suas competências e capacidade de seu processo produtivo. Tal critério pode ser subdividido em dois subcritérios específicos e pontuais:

- **Subcritério  $C_{1,1}$  – Qualidade do serviço:**

O subcritério  $C_{1,1}$  refere-se à qualidade do serviço prestado pelo fornecedor e é avaliado especificamente pela capacidade de desempenho de resolução de problemas da empresa com não conformidades e da garantia oferecida pelo mesmo.

No Quadro 1, encontra-se a descrição da situação para cada termo linguístico do subcritério:

**Quadro 1: Escala de avaliação do C1.1**

<b>Escala linguística</b>	<b>Situação contestada</b>
Muito baixa (MB)	Incapaz de lidar com não conformidades e sem garantias
Baixa (B)	Baixa capacidade de resolução de problemas e não conformidades
Mediana (M)	Média capacidade de resolução de problemas e não conformidades
Alta (A)	Alta capacidade de resolução de problemas e não conformidades
Muita Alta (MA)	Excelente capacidade de resolução de problemas e não conformidades

- **Subcritério  $C_{1,2}$  – Qualidade do produto:**

O subcritério  $C_{1,2}$  refere-se especificamente à qualidade do produto oferecido pela empresa, se são itens de excelente à péssima qualidade e se atendem ou não às necessidades do serviço. No Quadro 2 é mostrada a escala linguística para cada situação de acordo com o critério:

**Quadro 2: Escala de avaliação do C1.2**

<b>Escala linguística</b>	<b>Situação contestada</b>
Muito baixa (MB)	Produto com qualidade muito baixa
Baixa (B)	Produto com qualidade baixa
Mediana (M)	Produto com qualidade mediana
Alta (A)	Produto com qualidade alta
Muita Alta (MA)	Produto com qualidade excelente

- **Critério  $C_2$  – Custo:**

O critério  $C_2$  refere-se a fatores voltados para custo de aquisição, considerando custo de transporte, de processamento e preço direto dos itens. O objetivo pode ser subdividido em subcritérios como:

- **Subcritério  $C_{2,1}$  – Custo do produto:**

O subcritério  $C_{2,1}$  trata especificamente do custo direto do item e é descrito no Quadro 3 a escala correspondente ao nível de aceitação do custo do item. Nesta escala, a ordem de aceitação varia de forma inversa, onde Muito Baixa (MB) refere-se a itens muito caros e Muito Alta (MA) refere-se a produtos com preços mais acessíveis e baratos:

Quadro 3: Escala de avaliação do C2.1

Escala linguística	Situação contestada
Muito baixa (MB)	Produto muito caro
Baixa (B)	Produto caro
Mediana (M)	Produto com preço razoável/acessível
Alta (A)	Produto barato
Muita Alta (MA)	Produto muito barato

- **Subcritério C<sub>2.2</sub> – Flexibilidade de pagamento:**

O subcritério C2.2 trata especificamente da flexibilidade de pagamento do fornecedor. Ou seja, se existem condições variadas de pagamento, prazos confortáveis e parcelamentos. O Quadro 4 descreve a escala para a situação específica do critério:

Quadro 4: Escala de avaliação do C2.2

Escala linguística	Situação contestada
Muito baixa (MB)	Flexibilidade muito baixa – Apenas a vista
Baixa (B)	Flexibilidade baixa – Prazos curtos/poucas parcelas
Mediana (M)	Flexibilidade mediana – Condições de pagamento confortáveis
Alta (A)	Flexibilidade alta – Boas condições de pagamento
Muita Alta (MA)	Flexibilidade muito alta – Ótimas condições de pagamento

- **Critério C<sub>3</sub> – Entrega:**

Já no critério C3, a tratativa diz respeito a questões de entrega dos produtos. Confiabilidade de cumprimento dos prazos, conformidade no ato do recebimento e capacidade produtiva/de armazenamento do fornecedor são tópicos que englobam esse critério. O C3 pode ser subdividido em três subcritérios específicos:

- **Subcritério C<sub>3.1</sub> – Velocidade na entrega:**

O subcritério C3.1 trata especificamente da velocidade e cumprimento dos prazos de entrega por parte do fornecedor. O Quadro 5 descreve as escalas para cada situação do subcritério:

Quadro 5: Escala de avaliação do C3.1

Escala linguística	Situação contestada
Muito baixa (MB)	Péssimo cumprimento de prazos
Baixa (B)	Cumprimento de prazos com algumas falhas
Mediana (M)	Desempenho razoável no cumprimento dos prazos
Alta (A)	Boa velocidade na entrega e cumprimento dos prazos definidos
Muita Alta (MA)	Excelente velocidade na entrega e cumprimento dos prazos definidos

- **Subcritério C<sub>3.2</sub> – Qualidade na entrega:**

O subcritério C3.2 refere-se diretamente à qualidade do produto no recebimento, às condições da embalagem, assim como quantidade recebida/ quantidade requerida. A escala linguística para as descrições do subcritério é definida no Quadro 6:

**Quadro 6: Escala de avaliação do C3.2**

<b>Escala linguística</b>	<b>Situação contestada</b>
Muito baixa (MB)	Péssima qualidade do produto na entrega
Baixa (B)	Baixa qualidade do produto na entrega
Mediana (M)	Qualidade razoável do produto na entrega
Alta (A)	Boa qualidade do produto na entrega
Muita Alta (MA)	Excelente qualidade do produto na entrega

- **Subcritério C<sub>3.3</sub> – Capacidade de entrega:**

O subcritério C3.3 indica especificamente as questões de capacidade de atendimento do fornecedor em relação a grandes pedidos. O Quadro 7 descreve as escalas de forma que Muito Baixa (MB) se enquadram fornecedores que não possuem grandes estoques e disponibilidade imediata para grandes pedidos e Muito Alta (MA) para empresas com ótimas possibilidades para grandes pedidos imediatos.

**Quadro 7: Escala de avaliação do C3.3**

<b>Escala linguística</b>	<b>Situação contestada</b>
Muito baixa (MB)	Péssima capacidade de atendimento para grandes pedidos
Baixa (B)	Baixa capacidade de atendimento para grandes pedidos
Mediana (M)	Capacidade razoável de atendimento para grandes pedidos
Alta (A)	Boa capacidade de atendimento para grandes pedidos
Muita Alta (MA)	Excelente capacidade de atendimento para grandes pedidos

- **Critério C<sub>4</sub> – Reputação do fornecedor:**

No critério C4 é avaliado a reputação do fornecedor em relação ao mercado, de acordo com experiências passadas, visão de outras empresas, competências técnicas e nível de confiabilidade estabelecido com a empresa. Quanto à reputação, também foi avaliação o comportamento dos mesmos em relação a questões de *compliance* e como a empresa se manifesta em relação a práticas ilícitas e ilegais. O Quadro 8 descreve a escala linguística para o critério e suas respectivas situações:

Quadro 8: Escala de avaliação do C4

Escala linguística	Situação contestada
Muito baixa (MB)	Péssima reputação
Baixa (B)	Baixa reputação
Mediana (M)	Reputação razoável
Alta (A)	Boa reputação
Muita Alta (MA)	Excelente reputação

- **Critério C<sub>5</sub> – Relacionamento com fornecedor:**

É avaliado o esforço da empresa fornecedora em estabelecer e manter vínculos estáveis com a empresa compradora e à confiança entre comprador e fornecedor. No Quadro 9 é descrita a escala linguística para cada descrição:

Quadro 9: Escala de avaliação do C5

Escala linguística	Situação contestada
Muito baixa (MB)	Péssimo relacionamento
Baixa (B)	Relacionamento limitado
Mediana (M)	Relacionamento razoável
Alta (A)	Bom relacionamento e comunicação
Muita Alta (MA)	Excelente relacionamento e comunicação

### 4.3 Definição do peso dos critérios

Para avaliar a importância relativa de cada critério nesse estudo de caso, foi utilizado o método *fuzzy AHP*, conforme mencionado anteriormente. A metodologia de aplicação do processo foi descrita no tópico 4.2 e de acordo com o estudo de Chang (1996), os termos linguísticos são representados por funções de pertinência triangulares descritas na Tabela 3 também apresentada anteriormente:

Escala linguística	Números <i>fuzzy</i> triangulares
Igual preferência (I)	(1,1,1)
Preferência moderada (MO)	(1,3,5)
Preferência forte (F)	(3,5,7)
Preferência muito forte (MF)	(5,7,9)
Preferência absoluta (AB)	(7,9,11)

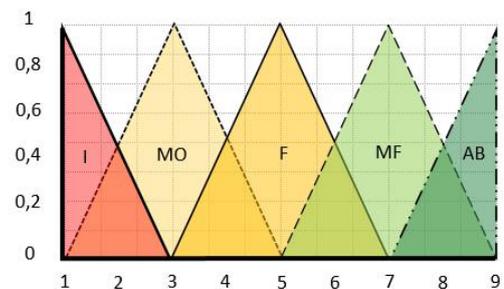


Figura 4: Escala comparativa usada para avaliar a importância dos critérios de decisão

Desta forma, a avaliação da importância relativa de cada critério foi realizada a partir da visão de três avaliadores do setor de *Supply Chain* da empresa, que são diretamente responsáveis pela ordem de compra.

Assim como a escala linguística, o número de critérios foi definido de forma que não gerasse muitas opções para a avaliação e o processo não ficasse exaustivo na visão dos avaliadores, tendo em vista que os mesmos possuem suas rotinas de trabalho e não detém de longos períodos disponíveis para a avaliação. Logo, o número de critérios e o intervalo da escala foram definidos de forma a tornar a avaliação enxuta, intuitiva e que pudesse ser realizada em um curto período de tempo.

Os critérios foram comparados par a par e a nota foi dada com base no termo linguístico que melhor se encaixou na visão do avaliador. Assim, o Quadro 10 mostra a identificação resumida de cada critério:

**Quadro 10: Descrição resumida dos critérios utilizados**

<b>Identificação</b>	<b>Critério de decisão</b>
$C_{1.1}$	Qualidade do serviço
$C_{1.2}$	Qualidade do produto
$C_{2.1}$	Custo do produto
$C_{2.2}$	Flexibilidade de pagamento
$C_{3.1}$	Velocidade na entrega
$C_{3.2}$	Qualidade na entrega
$C_{3.3}$	Capacidade de entrega
$C_4$	Reputação do fornecedor
$C_5$	Relacionamento com o fornecedor

O Quadro 11 apresenta o modelo de avaliação utilizado por cada julgador e os Quadros 12, 13 e 14 apresentam o resultado da avaliação dos três decisores de acordo com os critérios de avaliação definidos anteriormente. O formulário completo utilizado para a avaliação e coleta dos resultados foi elaborado com essa finalidade específica:



Os Quadros 15, 16 e 17 mostram os valores desses atributos linguísticos convertidos em números *fuzzy* triangulares:

**Quadro 15: Resultados do Avaliador 1 convertidos em números fuzzy triangulares**

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_4$	$C_5$
$C_{11}$	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1.0,3.0,5.0)	(1.0,3.0,5.0)	(5.0,7.0,9.0)	(1/7,1/5,1/3)
$C_{12}$	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,3.0,5.0)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)
$C_{21}$	(7.0,9.0,11.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)
$C_{22}$	(5.0,7.0,9.0)	(1/5,1/3,1.0)	(1/11,1/9,1/7)	(1.0,1.0,1.0)	(1/7,1/5,1/3)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)
$C_{31}$	(3.0,5.0,7.0)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(3.0,5.0,7.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/7,1/5,1/3)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)	(3.0,5.0,7.0)
$C_{32}$	(1/5,1/3,1.0)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(3.0,5.0,7.0)	(1.0,1.0,1.0)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)
$C_{33}$	(1/5,1/3,1.0)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1/7,1/5,1/3)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,3.0,5.0)	(1.0,3.0,5.0)
$C_4$	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/5,1/3,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/9,1/7,1/5)
$C_5$	(3.0,5.0,7.0)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/5,1/3,1.0)	(5.0,7.0,9.0)	(1.0,1.0,1.0)

**Quadro 16: Resultados do avaliador 2 convertidos em números fuzzy triangulares**

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_4$	$C_5$
$C_{11}$	(1.0,1.0,1.0)	(1/5,1/3,1.0)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(3.0,5.0,7.0)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)	(3.0,5.0,7.0)
$C_{12}$	(1.0,3.0,5.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,3.0,5.0)	(1.0,1.0,1.0)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)	(3.0,5.0,7.0)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)
$C_{21}$	(5.0,7.0,9.0)	(1/5,1/3,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(7.0,9.0,11.0)	(7.0,9.0,11.0)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)
$C_{22}$	(3.0,5.0,7.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/11,1/9,1/7)	(1.0,1.0,1.0)	(1/9,1/7,1/5)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)	(7.0,9.0,11.0)
$C_{31}$	(5.0,7.0,9.0)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(5.0,7.0,9.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/7,1/5,1/3)	(7.0,9.0,11.0)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)
$C_{32}$	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(3.0,5.0,7.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(5.0,7.0,9.0)	(3.0,5.0,7.0)
$C_{33}$	(1/7,1/5,1/3)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,3.0,5.0)	(1/5,1/3,1.0)
$C_4$	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/5,1/3,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/9,1/7,1/5)
$C_5$	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1.0,3.0,5.0)	(5.0,7.0,9.0)	(1.0,1.0,1.0)

**Quadro 17: Resultados do avaliador 3 convertidos em números fuzzy triangulares**

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_4$	$C_5$
$C_{11}$	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/7,1/5,1/3)	(3.0,5.0,7.0)	(3.0,5.0,7.0)	(3.0,5.0,7.0)	(3.0,5.0,7.0)
$C_{12}$	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,3.0,5.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)	(1.0,3.0,5.0)	(7.0,9.0,11.0)
$C_{21}$	(5.0,7.0,9.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)	(7.0,9.0,11.0)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)
$C_{22}$	(3.0,5.0,7.0)	(1/5,1/3,1.0)	(1/11,1/9,1/7)	(1.0,1.0,1.0)	(1/7,1/5,1/3)	(3.0,5.0,7.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)	(3.0,5.0,7.0)
$C_{31}$	(3.0,5.0,7.0)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(3.0,5.0,7.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/5,1/3,1.0)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)	(7.0,9.0,11.0)
$C_{32}$	(1/7,1/5,1/3)	(1/11,1/9,1/7)	(1/11,1/9,1/7)	(1/7,1/5,1/3)	(1.0,3.0,5.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,3.0,5.0)	(5.0,7.0,9.0)	(5.0,7.0,9.0)
$C_{33}$	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/5,1/3,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/5,1/3,1.0)	(1.0,1.0,1.0)
$C_4$	(1/7,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1.0)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1.0,3.0,5.0)	(1.0,1.0,1.0)	(1/7,1/5,1/3)
$C_5$	(1/7,1/5,1/3)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)	(1.0,1.0,1.0)	(3.0,5.0,7.0)	(1.0,1.0,1.0)

Verificando a consistência das avaliações cada avaliação de acordo com a equação 4, temos que todos os valores obedecem a condição estabelecida:

Quadro 18: Verificação da consistência das avaliações

	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_4$	$C_5$
<b>Avaliador 1</b>	0,0935	0,0118	0,0361	0,0654	0,0896	0,0438	0,0526	0,0653	0,0425
<b>Avaliador 2</b>	0,0767	0,0332	0,0574	0,0287	0,0965	0,0984	0,0766	0,0499	0,0286
<b>Avaliador 3</b>	0,0491	0,0125	0,0381	0,0389	0,0511	0,0883	0,0674	0,0238	0,0658

Agregando as avaliações de acordo com a equação 5. Desta forma, o Quadro 19 abaixo apresenta as avaliações agregadas:

Quadro 19: Avaliações agregadas

	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_4$	$C_5$
$C_{1,1}$	(1.00,1.00,1.00)	(0.58,0.69,1.00)	(0.10,0.13,0.18)	(0.13,0.18,0.28)	(0.13,0.18,0.28)	(2.08,4.22,6.26)	(2.08,4.22,6.26)	(4.22,6.26,8.28)	(1.09,1.71,2.54)
$C_{1,2}$	(1.00,1.44,1.71)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,1.44,1.71)	(1.00,2.08,2.92)	(4.22,6.26,8.28)	(5.59,7.61,9.62)	(3.56,5.59,7.61)	(2.47,4.72,6.80)	(6.26,8.28,10.29)
$C_{2,1}$	(5.59,7.61,9.62)	(0.58,0.69,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(7.00,9.00,11.00)	(5.59,7.61,9.62)	(7.00,9.00,11.00)	(5.59,7.61,9.62)	(5.59,7.61,9.62)	(5.59,7.61,9.62)
$C_{2,2}$	(3.56,5.59,7.61)	(0.34,0.48,1.00)	(0.09,0.11,0.14)	(1.00,1.00,1.00)	(0.13,0.18,0.28)	(4.22,6.26,8.28)	(5.00,7.00,9.00)	(5.28,7.40,9.46)	(4.72,6.80,8.85)
$C_{3,1}$	(3.56,5.59,7.61)	(0.12,0.16,0.24)	(0.10,0.13,0.18)	(3.56,5.59,7.61)	(1.00,1.00,1.00)	(0.16,0.24,0.48)	(6.26,8.28,10.29)	(4.22,6.26,8.28)	(4.72,6.80,8.85)
$C_{3,2}$	(0.16,0.24,0.48)	(0.10,0.13,0.18)	(0.09,0.11,0.14)	(0.12,0.16,0.24)	(2.08,4.22,6.26)	(1.00,1.00,1.00)	(1.44,2.47,3.27)	(5.00,7.00,9.00)	(4.22,6.26,8.28)
$C_{3,3}$	(0.16,0.24,0.48)	(0.13,0.18,0.28)	(0.10,0.13,0.18)	(0.11,0.14,0.20)	(0.10,0.12,0.16)	(0.31,0.41,0.69)	(1.00,1.00,1.00)	(0.58,1.44,2.92)	(0.58,1.00,1.71)
$C_4$	(0.12,0.16,0.24)	(0.15,0.21,0.41)	(0.11,0.14,0.20)	(0.11,0.14,0.19)	(0.12,0.16,0.24)	(0.11,0.14,0.20)	(0.34,0.69,1.71)	(1.00,1.00,1.00)	(0.12,0.16,0.24)
$C_5$	(0.39,0.58,0.92)	(0.10,0.12,0.16)	(0.10,0.13,0.18)	(0.11,0.15,0.21)	(0.11,0.15,0.21)	(0.12,0.16,0.24)	(0.58,1.00,1.71)	(4.22,6.26,8.28)	(1.00,1.00,1.00)

Após isso, foi calculada a média geométrica das comparações para cada critério utilizando a Equação 8, obtendo assim:

Quadro 20: Média geométrica da avaliação sobre os critérios

	<i>Média geométrica difusa <math>\tilde{r}_i</math></i>
$C_{1,1}$	(0.65,0.94,1.31)
$C_{1,2}$	(2.22,3.29,4.15)
$C_{2,1}$	(3.78,4.83,5.99)
$C_{2,2}$	(1.25,1.70,2.31)
$C_{3,1}$	(1.14,1.56,2.13)
$C_{3,2}$	(0.61,0.86,1.18)
$C_{3,3}$	(0.24,0.34,0.52)
$C_4$	(0.17,0.23,0.35)
$C_5$	(0.29,0.39,0.54)

A partir desse conjunto, obteve-se os pesos de cada critério e subcritério  $\tilde{w}_i$  utilizando a Equação 9:

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes \tilde{A}^{-1} = (lw_i, mw_i, uw_i)$$

Onde  $\tilde{A}^{-1}$  é:

$$\tilde{A}^{-1} = (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1}$$

$$\tilde{A}^{-1} = \left( \frac{1}{(l_1 + l_2 + \dots + l_n)}, \frac{1}{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)}, \frac{1}{(u_1 + u_2 + \dots + u_n)} \right)$$

Logo:

$$\frac{1}{(l_1 + l_2 + \dots + l_n)} = \frac{1}{(0.65 + 2.22 + 3.78 + 1.25 + 1.14 + 0.61 + 0.24 + 0.17 + 0.29)} = \frac{1}{10,34}$$

$$\frac{1}{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)} = \frac{1}{(0.94 + 3.29 + 4.83 + 1.70 + 1.56 + 0.86 + 0.34 + 0.23 + 0.39)} = \frac{1}{14,13}$$

$$\frac{1}{(u_1 + u_2 + \dots + u_n)} = \frac{1}{(1.31 + 4.15 + 5.99 + 2.31 + 2.13 + 1.18 + 0.52 + 0.35 + 0.54)} = \frac{1}{18,48}$$

Assim:

**Quadro 21: Resultado dos pesos difusos**

	<i>Média geométrica difusa <math>\tilde{r}_i</math></i>	<i>Pesos Difusos <math>\tilde{w}_i</math></i>	<i>Pesos Difusos <math>\tilde{w}_i</math></i>
<b><math>C_{1.1}</math></b>	(0.65,0.94,1.31)	$(0.65,0.94,1.31) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.063,0.066,0.071)
<b><math>C_{1.2}</math></b>	(2.22,3.29,4.15)	$(2.22,3.29,4.15) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.214,0.233,0.224)
<b><math>C_{2.1}</math></b>	(3.78,4.83,5.99)	$(3.78,4.83,5.99) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.365,0.342,0.324)
<b><math>C_{2.2}</math></b>	(1.25,1.70,2.31)	$(1.25,1.70,2.31) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.121,0.120,0.125)
<b><math>C_{3.1}</math></b>	(1.14,1.56,2.13)	$(1.14,1.56,2.13) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.110,0.110,0.115)
<b><math>C_{3.2}</math></b>	(0.61,0.86,1.18)	$(0.61,0.86,1.18) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.059,0.061,0.064)
<b><math>C_{3.3}</math></b>	(0.24,0.34,0.52)	$(0.24,0.34,0.52) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.023,0.024,0.028)
<b><math>C_4</math></b>	(0.17,0.23,0.35)	$(0.17,0.23,0.35) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.016,0.016,0.019)
<b><math>C_5</math></b>	(0.29,0.39,0.54)	$(0.29,0.39,0.54) * \left( \frac{1}{10,34}, \frac{1}{14,13}, \frac{1}{18,48} \right)$	(0.028,0.027,0.029)

Em seguida, calculamos o Centro de área a partir da Equação 10 e, portanto, os pesos difusos e normalizados são:

Quadro 22: Pesos finais (%)

	<i>Pesos Difusos <math>\tilde{w}_i</math></i>	<i>Pesos</i>	<i>Pesos normalizados</i>	<i>Pesos (%)</i>
$C_{1.1}$	$\frac{(0.063 + 0.066 + 0.071)}{3}$	0,067	$\frac{0,067}{1,00} = 0,067$	6,7%
$C_{1.2}$	$\frac{(0.214 + 0.233 + 0.224)}{3}$	0,224	$\frac{0,224}{1,00} = 0,224$	22,4%
$C_{2.1}$	$\frac{(0.365 + 0.342 + 0.324)}{3}$	0,344	$\frac{0,344}{1,00} = 0,334$	34,4%
$C_{2.2}$	$\frac{(0.121 + 0.120 + 0.125)}{3}$	0,122	$\frac{0,122}{1,00} = 0,122$	12,2%
$C_{3.1}$	$\frac{(0.110 + 0.110 + 0.115)}{3}$	0,112	$\frac{0,112}{1,00} = 0,112$	11,2%
$C_{3.2}$	$\frac{(0.059 + 0.061 + 0.064)}{3}$	0,061	$\frac{0,061}{1,00} = 0,061$	6,1%
$C_{3.3}$	$\frac{(0.023 + 0.024 + 0.028)}{3}$	0,025	$\frac{0,025}{1,00} = 0,025$	2,5%
$C_4$	$\frac{(0.016 + 0.016 + 0.019)}{3}$	0,017	$\frac{0,017}{1,00} = 0,017$	1,7%
$C_5$	$\frac{(0.028 + 0.027 + 0.029)}{3}$	0,028	$\frac{0,028}{1,00} = 0,028$	2,8%
<b>Total</b>		1,00	1,00	100%

Desta forma, concluímos que o Critério 1.1 de Qualidade do serviço possui um peso de 6,7%, o critério 1.2 de Qualidade do Produto possui um peso de 22,4%, o critério 2.1 de Custo do Produto possui um peso de 34,4%, o critério 2.2 de Flexibilidade de pagamento possui um peso de 12,2%, o critério 3.1 de Velocidade na Entrega possui um peso de 11,2%, o critério 3.2 de Qualidade na entrega possui um peso de 6,1%, o critério 3.3 de Capacidade na entrega possui um peso de 2,5%, o critério 4 de Reputação do fornecedor possui um peso de 1,7% e por fim, o critério 5 de Relacionamento com o fornecedor possui um peso de 2,8%.

#### 4.4 Avaliação dos fornecedores

A situação da seleção dos fornecedores apresentada neste estudo de caso envolve o fornecimento de itens frigoríficos para uma empresa de *catering* local, que está inserida em cadeias de suprimentos do setor *offshore*. A empresa atualmente encontra-se num cenário onde a seleção dos parceiros no abastecimento dos insumos necessários para a prestação de serviços não tem sido assertiva e o presente estudo visa aplicar de modo pontual uma alternativa para tal problema.

Em um universo de 5 potenciais fornecedores, os mesmos foram avaliados de acordo com os 9 critérios essenciais identificados nos tópicos acima. As avaliações foram coletadas junto a um grupo de três avaliadores responsáveis pelo setor de *Supply Chain* da empresa. Assim como os dados de avaliação dos critérios, as avaliações dos fornecedores foram coletadas utilizando um formulário elaborado especificamente para essa finalidade.

Os cálculos foram feitos utilizando o método *fuzzy TOPSIS* e para avaliar a importância relativa de cada fornecedor em relação aos critérios, foi definida uma escala com cinco termos linguísticos, descrita na Figura 6. Os termos linguísticos foram modelados usando as funções de pertinência triangulares também descrita anteriormente e as definições dos termos foram elaboradas de acordo com o tipo de cada critério.

Escala linguística	Números <i>fuzzy</i> triangulares
Muito baixa (MB)	(0,0,0.25)
Baixa (B)	(0,0.25,0.50)
Mediana (M)	(0.25,0.50,0.75)
Alta (A)	(0.50,0.75,1.0)
Muita Alta (MA)	(0.75,1.0,1.0)

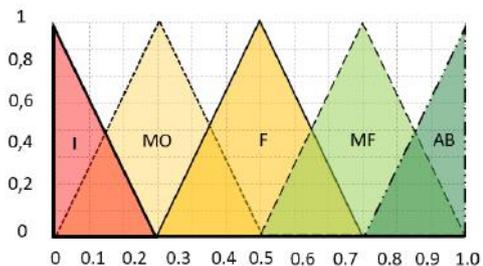


Figura 5: Escala comparativa usada para avaliar a importância dos critérios de decisão

As avaliações fornecidas pelos especialistas quanto ao desempenho de cada um dos fornecedores em relação a cada critério de decisão são apresentadas nos quadros 23, 24, e 25.

**Quadro 23: Resultado dos julgamentos do Avaliador 1**

Avaliador 1					
	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
Qualidade do serviço	Mediana	Alta	Muito Alta	Mediana	Alta
Qualidade do produto	Alta	Mediana	Alta	Baixa	Alta
Custo do produto	Alta	Mediana	Mediana	Muito Baixa	Mediana
Flexibilidade de pagamento	Mediana	Muito Baixa	Mediana	Mediana	Baixa
Velocidade na entrega	Baixa	Mediana	Mediana	Alta	Mediana
Qualidade da entrega	Mediana	Baixa	Mediana	Alta	Mediana
Capacidade de entrega	Baixa	Alta	Alta	Mediana	Alta
Reputação do fornecedor	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana	Alta
Relacionamento com fornecedor	Alta	Mediana	Baixa	Baixa	Mediana

**Quadro 24: Resultado dos julgamentos do Avaliador 2**

Avaliador 2					
	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
Qualidade do serviço	Alta	Muito Alta	Alta	Mediana	Alta
Qualidade do produto	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana	Alta
Custo do produto	Alta	Alta	Mediana	Muito Baixa	Mediana
Flexibilidade de pagamento	Mediana	Mediana	Alta	Mediana	Baixa
Velocidade na entrega	Mediana	Muito Baixa	Alta	Alta	Mediana
Qualidade da entrega	Baixa	Mediana	Mediana	Muito Alta	Alta
Capacidade de entrega	Mediana	Muito Alta	Alta	Alta	Mediana
Reputação do fornecedor	Alta	Muito Alta	Muito Baixa	Mediana	Mediana
Relacionamento com fornecedor	Alta	Mediana	Muito Baixa	Mediana	Mediana

**Quadro 25: Resultado dos julgamentos do Avaliador 3**

Avaliador 3					
	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
Qualidade do serviço	Alta	Alta	Alta	Baixa	Muito Alta
Qualidade do produto	Alta	Mediana	Alta	Mediana	Muito Alta
Custo do produto	Alta	Alta	Mediana	Baixa	Mediana
Flexibilidade de pagamento	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana	Muito Baixa
Velocidade na entrega	Mediana	Muito Baixa	Alta	Muito Alta	Alta
Qualidade da entrega	Mediana	Baixa	Baixa	Alta	Muito Alta
Capacidade de entrega	Mediana	Mediana	Alta	Alta	Mediana
Reputação do fornecedor	Alta	Baixa	Mediana	Mediana	Muito Alta
Relacionamento com fornecedor	Alta	Mediana	Muito Baixa	Baixa	Baixa

Os Quadros 26, 27 e 28 mostram os valores desses atributos linguísticos convertidos em números *fuzzy triangulares*:

**Quadro 26: Resultado do avaliador 1 convertido em fuzzy numbers**

Avaliador 1					
	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
Qualidade do serviço	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.75,1.00,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)
Qualidade do produto	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.25,0.50)	(0.50,0.75,1.00)
Custo do produto	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.25,0.50,0.75)
Flexibilidade de pagamento	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)
Velocidade na entrega	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)
Qualidade da entrega	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)
Capacidade de entrega	(0.00,0.25,0.50)	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)
Reputação do fornecedor	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)
Relacionamento com fornecedor	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)

**Quadro 27: Resultado do avaliador 2 convertido em fuzzy numbers**

Avaliador 2					
	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
Qualidade do serviço	(0.50,0.75,1.00)	(0.75,1.00,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)
Qualidade do produto	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)
Custo do produto	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.25,0.50,0.75)
Flexibilidade de pagamento	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)
Velocidade na entrega	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)
Qualidade da entrega	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.75,1.00,1.00)	(0.50,0.75,1.00)
Capacidade de entrega	(0.25,0.50,0.75)	(0.75,1.00,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)
Reputação do fornecedor	(0.50,0.75,1.00)	(0.75,1.00,1.00)	(0.00,0.00,0.25)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)
Relacionamento com fornecedor	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)

**Quadro 28: Resultado do avaliador 3 convertido em fuzzy numbers**

Avaliador 3					
	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
Qualidade do serviço	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.25,0.50)	(0.75,1.00,1.00)
Qualidade do produto	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.75,1.00,1.00)
Custo do produto	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)
Flexibilidade de pagamento	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)
Velocidade na entrega	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.50,0.75,1.00)	(0.75,1.00,1.00)	(0.50,0.75,1.00)
Qualidade da entrega	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)	(0.00,0.25,0.50)	(0.50,0.75,1.00)	(0.75,1.00,1.00)
Capacidade de entrega	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)
Reputação do fornecedor	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.50,0.75)	(0.75,1.00,1.00)
Relacionamento com fornecedor	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.00,0.25,0.50)	(0.00,0.25,0.50)

Assim como a avaliação dos critérios, a avaliação dos fornecedores também foi feita pelos mesmos três julgadores. Dessa forma, é necessário agrupar as avaliações utilizando a equação 12. O quadro 29 apresenta o resultado dessa aplicação:

**Quadro 29: Resultado das avaliações agrupadas**

	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
$C_{1,1}$	(0.25,0.66,1.00)	(0.50,0.83,1.00)	(0.50,0.83,1.00)	(0.00,0.42,0.75)	(0.50,0.83,1.00)
$C_{1,2}$	(0.25,0.66,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.25,0.66,1.00)	(0.00,0.42,0.75)	(0.50,0.83,1.00)
$C_{2,1}$	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.66,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.08,0.50)	(0.25,0.50,0.75)
$C_{2,2}$	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.33,0.75)	(0.25,0.58,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.16,0.50)
$C_{3,1}$	(0.00,0.42,0.75)	(0.00,0.16,0.75)	(0.25,0.66,1.00)	(0.50,0.83,1.00)	(0.25,0.58,1.00)
$C_{3,2}$	(0.00,0.42,0.75)	(0.00,0.33,0.75)	(0.00,0.42,0.75)	(0.50,0.83,1.00)	(0.25,0.75,1.00)
$C_{3,3}$	(0.00,0.42,0.75)	(0.25,0.75,1.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.66,1.00)	(0.25,0.58,1.00)
$C_4$	(0.25,0.66,1.00)	(0.00,0.58,1.00)	(0.00,0.33,0.75)	(0.25,0.5,0.75)	(0.25,0.75,1.00)
$C_5$	(0.50,0.75,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.08,0.50)	(0.00,0.33,0.75)	(0.00,0.42,0.75)

Em seguida, a matriz de decisões agrupadas foi normalizada utilizando a equação 13. O quadro 30 apresenta o resultado da aplicação:

**Quadro 30: Matriz normalizada**

	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
$C_{1,1}$	(0.33,0.29,0.28)	(0.89,0.41,0.28)	(0.88,0.41,0.28)	(0.00,0.16,0.18)	(0.88,0.41,0.28)
$C_{1,2}$	(0.66,0.43,0.32)	(0.66,0.28,0.21)	(0.66,0.42,0.32)	(0.00,0.22,0.21)	(2.66,0.63,0.32)
$C_{2,1}$	(2.67,0.78,0.42)	(0.66,0.62,0.42)	(0.66,0.39,0.26)	(0.00,0.05,0.16)	(0.66,0.39,0.26)
$C_{2,2}$	(2.00,0.68,0.32)	(0.00,0.38,0.31)	(2.00,0.91,0.51)	(2.00,0.68,0.31)	(0.00,0.17,0.18)
$C_{3,1}$	(0.00,0.27,0.21)	(0.00,0.10,0.21)	(0.80,0.53,0.32)	(4.00,0.84,0.32)	(0.80,0.43,0.32)
$C_{3,2}$	(0.00,0.27,0.24)	(0.00,0.21,0.24)	(0.00,0.27,0.24)	(8.00,0.81,0.37)	(1.00,0.65,0.37)
$C_{3,3}$	(0.00,0.22,0.18)	(0.66,0.49,0.28)	(2.66,0.49,0.28)	(0.66,0.40,0.28)	(0.66,0.33,0.28)
$C_4$	(2.00,0.52,0.32)	(0.00,0.42,0.32)	(0.00,0.20,0.21)	(2.00,0.34,0.21)	(2.00,0.65,0.32)
$C_5$	(0.33,0.29,0.28)	(0.89,0.41,0.28)	(0.88,0.41,0.28)	(0.00,0.16,0.18)	(0.88,0.41,0.28)

Logo após, cada critério foi multiplicado pelo seu respectivo peso, ou porcentagem de relevância, que foi obtido através da aplicação do método *fuzzy AHP* no item 4.2. Desse modo, o quadro 31 apresenta o resultado dessa multiplicação:

**Quadro 31: Produto da matriz com o peso dos critérios**

	<b>Pesos</b>	<b>Fornecedor 1</b>	<b>Fornecedor 2</b>	<b>Fornecedor 3</b>	<b>Fornecedor 4</b>	<b>Fornecedor 5</b>
$C_{1.1}$	6,7%	(0.02,0.02,0.02)	(0.06,0.03,0.02)	(0.06,0.03,0.02)	(0.00,0.01,0.01)	(0.06,0.03,0.02)
$C_{1.2}$	22,4%	(0.15,0.10,0.07)	(0.15,0.06,0.05)	(0.15,0.10,0.07)	(0.00,0.05,0.05)	(0.60,0.14,0.07)
$C_{2.1}$	34,4%	(0.92,0.27,0.14)	(0.23,0.21,0.14)	(0.23,0.14,0.09)	(0.00,0.02,0.06)	(0.23,0.14,0.09)
$C_{2.2}$	12,2%	(0.24,0.08,0.04)	(0.00,0.05,0.04)	(0.24,0.11,0.06)	(0.24,0.08,0.04)	(0.00,0.02,0.02)
$C_{3.1}$	11,2%	(0.00,0.03,0.03)	(0.00,0.01,0.03)	(0.10,0.07,0.04)	(0.48,0.10,0.04)	(0.10,0.05,0.04)
$C_{3.2}$	6,1%	(0.00,0.02,0.01)	(0.00,0.01,0.01)	(0.00,0.02,0.01)	(0.48,0.05,0.02)	(0.06,0.04,0.02)
$C_{3.3}$	2,5%	(0.00,0.01,0.00)	(0.02,0.01,0.01)	(0.07,0.01,0.01)	(0.02,0.01,0.01)	(0.02,0.01,0.01)
$C_4$	1,7%	(0.03,0.01,0.01)	(0.00,0.01,0.01)	(0.00,0.00,0.00)	(0.03,0.01,0.00)	(0.03,0.01,0.01)
$C_5$	2,8%	(0.22,0.04,0.01)	(0.03,0.02,0.01)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.01,0.01)	(0.00,0.01,0.01)

Para os vetores de solução ideal positiva e negativa foram utilizadas as equações 13 e 14 respectivamente. O quadro 32 apresenta o resultado dessa aplicação:

**Quadro 32: Vetores solução ideal positiva e negativa**

	<b>Vetor solução ideal positiva (FPIS+)</b>	<b>Vetor solução ideal negativa (FPSI-)</b>
$C_{1.1}$	(0.00,0.01,0.01)	(0.06,0.03,0.02)
$C_{1.2}$	(0.00,0.05,0.05)	(0.60,0.14,0.07)
$C_{2.1}$	(0.00,0.02,0.06)	(0.92,0.27,0.14)
$C_{2.2}$	(0.00,0.02,0.02)	(0.24,0.11,0.06)
$C_{3.1}$	(0.00,0.01,0.03)	(0.49,0.10,0.04)
$C_{3.2}$	(0.00,0.01,0.01)	(0.49,0.05,0.02)
$C_{3.3}$	(0.00,0.01,0.01)	(0.07,0.01,0.01)
$C_4$	(0.00,0.00,0.00)	(0.03,0.01,0.01)
$C_5$	(0.00,0.00,0.01)	(0.22,0.04,0.01)

Para cada fornecedor é necessário calcular a distância entre suas respectivas pontuações e a  $FPIS^+$  e  $FPIS^-$ . Denominamos essas distâncias como  $S^+$  e  $S^-$ . Para isso foi utilizado as equações 15 e 16 respectivamente e o quadro 33 apresenta o resultado:

**Quadro 33: Distância do vetor de cada fornecedor à solução ideal positiva e negativa**

	<b>Fornecedor 1</b>	<b>Fornecedor 2</b>	<b>Fornecedor 3</b>	<b>Fornecedor 4</b>	<b>Fornecedor 5</b>
$S^+$	(0.99,0.27,0.10)	(0.28,0.20,0.09)	(0.39,0.16,0.06)	(0.73,0.12,0.02)	(0.65,0.16,0.05)
$S^-$	(0.83,0.09,0.03)	(1.12,0.15,0.04)	(1.06,0.16,0.05)	(1.12,0.27,0.10)	(0.96,0.17,0.07)

Em seguida, para determinar o coeficiente de aproximação  $CCi$  de cada fornecedor às soluções ideais foi utilizada a equação 18. Assim, determinamos o  $CCi$  como:

**Quadro 34: Coeficiente de aproximação de cada fornecedor**

	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5
$CCi$	(0.46,0.26,0.23)	(0.80,0.44,0.30)	(0.73,0.49,0.47)	(0.60,0.70,0.81)	(0.59,0.52,0.58)

E por fim, os valores dos coeficientes retornaram para o formato de número real utilizando a equação abaixo:

$$CCi = \frac{\sum(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})}{3} \quad \text{Eq. (20)}$$

**Equação 20: Equação de alteração de fuzzy triangulares**

Logo, a avaliação final dos fornecedores pode ser descrita de acordo com o quadro 35:

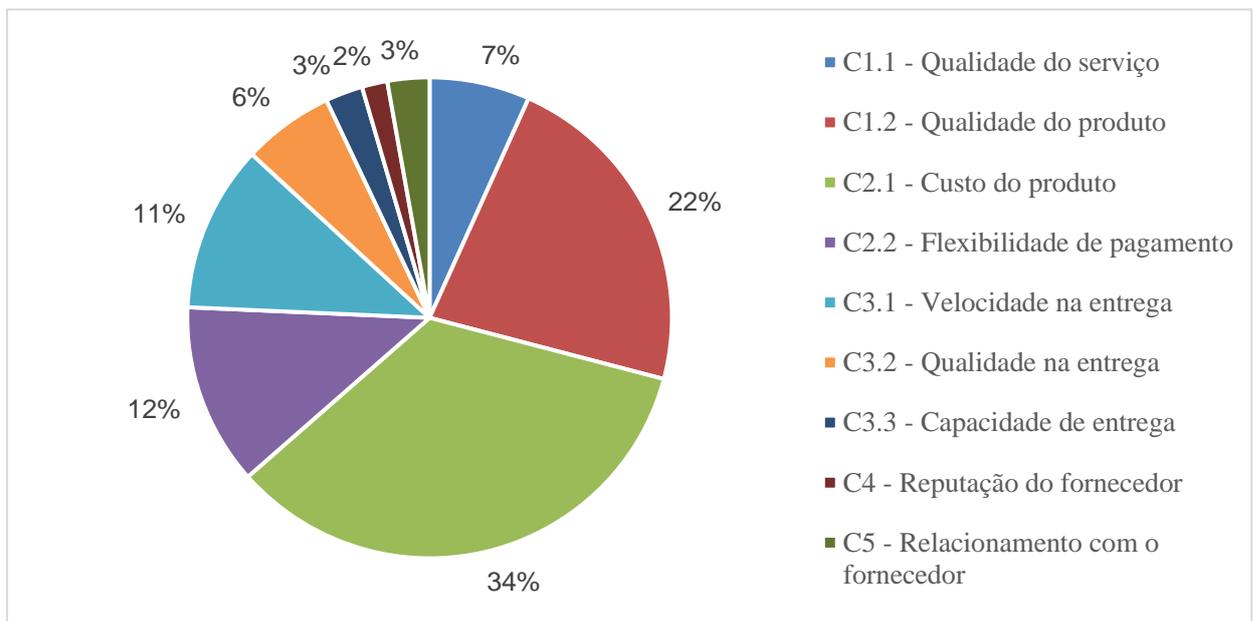
**Quadro 35: Ranking final dos fornecedores**

	$CCi$	Ranking
Fornecedor 1	0,317	5°
Fornecedor 2	0,510	4°
Fornecedor 3	0,562	3°
Fornecedor 4	0,705	1°
Fornecedor 5	0,567	2°

Portanto, como apresentado acima, o fornecedor que possui maior alinhamento com o esperado pela equipe de Supply Chain da empresa em questão é o fornecedor n° 4. Dessa forma, também podemos perceber que o que mais se distancia do necessário de acordo com os critérios estabelecidos é o fornecedor n° 1.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com os resultados apresentados acima e realizando uma análise mais detalhada sobre o que foi obtido com a aplicação do método fuzzy AHP podemos concluir que, conforme o gráfico abaixo, os critérios de custo e qualidade dos produtos englobam mais de 50% do peso total dos critérios. A figura abaixo representa um gráfico de pizza que permite uma visualização mais detalhada do comportamento de cada critério na avaliação em questão.



**Figura 6:** Gráfico de pizza com o resultado da aplicação do método *fuzzy-AHP*

Já em relação a avaliação dos potenciais fornecedores, a representação abaixo descreve a colocação final de cada um após a aplicação do método *fuzzy-TOPSIS*. Com isso, podemos perceber que por ter o melhor custo e produtos com a melhor qualidade, o fornecedor n° 4 foi o melhor colocado.

**Quadro 36:** Ranking final da avaliação dos fornecedores

	Ranking
<b>Fornecedor 4</b>	1°
<b>Fornecedor 5</b>	2°
<b>Fornecedor 3</b>	3°
<b>Fornecedor 2</b>	4°
<b>Fornecedor 1</b>	5°

## 6 DISCUSSÕES

Neste capítulo, discutem-se os resultados da aplicação dos modelos *fuzzy-AHP* e *fuzzy-TOPSIS* em um estudo de caso hipotético, envolvendo problemas de seleção de fornecedores, quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos, para o escopo de operação de compra de suprimentos de uma categoria específica da cadeia de uma empresa de *catering offshore*.

Considerando que os formulários enviados aos compradores da empresa em questão foram respondidos adequadamente e com a assistência necessária para o entendimento do processo, foi possível aplicar a metodologia proposta para o alcance dos objetivos estabelecidos neste trabalho. Desta forma, os resultados obtidos no estudo de caso foram analisados a partir da aplicação dos dois métodos descritos de acordo com os dados obtidos nas pesquisas realizadas.

O modelo *fuzzy-AHP* para a definição do grau de importância relativa de cada critério foi aplicado em um conjunto total de nove critérios definidos em conjunto com a equipe avaliadora. Para cada critério foi atribuído uma escala qualitativa e quantitativa que embasaram a fundamentação lógica dos critérios na avaliação das opções de fornecedores do caso.

Já o modelo *fuzzy-TOPSIS* para a seleção dos fornecedores diretamente foi aplicado para um conjunto de cinco potenciais fornecedores previamente definidos em conjunto com a banca avaliadora.

Sendo assim, os critérios e as alternativas foram definidos em conjunto, porém suas avaliações foram realizadas individualmente. Deste modo, as avaliações contaram com muitas variáveis linguísticas e suas opiniões descritas em texto e em seguida selecionadas na planilha utilizada para avaliação. Tornando necessário o agrupamento das avaliações conforme descrito na aplicação dos modelos.

A partir dos resultados obtidos pode-se afirmar que a aplicação dos modelos *fuzzy-AHP* e *fuzzy-TOPSIS* é adequada para problemas de decisão em situações de incerteza, sobretudo nas etapas de definição do grau de importância de cada critério e na ordenação das opções para a escolha final.

Logo, podemos citar alguns dos benefícios em relação à aplicação dos métodos:

- Ter a opção de visualizar a devida importância de cada critério, seu peso em relação ao caso estudado;
- Por levar em consideração a complexidade, subjetividade e incerteza do processo, os resultados se tornam mais confiáveis;
- Podem ser aplicados para diversos casos, não possuindo limitação quanto ao número de avaliadores, de critérios abordados e nem de quantas alternativas o projeto tenha.

Portanto, como resultado final da aplicação dos modelos *fuzzy-AHP* e *fuzzy-TOPSIS* no estudo de caso proposto por este trabalho, obteve-se um maior  $CCi$  para o fornecedor  $F_4$  e menores valores  $CCi$  para os fornecedores  $F_1$  e  $F_2$ , respectivamente. Contudo, cabe ressaltar que este resultado não é determinante para a escolha final, uma vez que é esperado que, em um problema de seleção de fornecedores, a decisão seja tomada considerando outros aspectos, bem como características comerciais e operacionais inerentes ao contrato de prestação de serviço.

Deste modo, a avaliação dos fornecedores deve ser utilizada em complemento a outras avaliações, para que ao final deste processo de seleção, todas as variáveis possam ser ponderadas para a escolha final do fornecedor mais qualificado e adequado.

Como forma de sugestão posterior ao trabalho, foi proposto e bem aceito pela empresa em questão a adoção de um procedimento de execução baseado nos modelos matemáticos citados no trabalho. Conforme apresentado no trabalho, a ferramenta possui alta eficácia e baixa dificuldade em sua aplicação. Desse modo, sua utilização antes das negociações com fornecedores foi bem aceita pelo setor de abastecimento do grupo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa contribuiu para o avanço do conhecimento em problemas de seleção de fornecedores, mais especificamente quanto aos requisitos básicos para seleção de fornecedores de suprimentos em uma empresa de *catering offshore*. Para tanto, estudou-se a aplicação de dois métodos multicritério de apoio à decisão combinados com a lógica dos conjuntos *fuzzy*.

Nesse sentido, os modelos *fuzzy-AHP* e *fuzzy-TOPSIS* foram adaptados ao estudo de caso em questão, a partir da definição de critérios quantitativos e qualitativos referentes a seleção de fornecedores de suprimentos. O nível de importância de cada critério foi definido com base na comparação par a par feita pelo setor de *Supply Chain* da empresa e na aplicação do método *fuzzy-AHP*. Assim como, o ranking do fornecedor mais indicado foi obtido através das avaliações dos mesmos três responsáveis e da aplicação do método *fuzzy-TOPSIS*.

Os resultados obtidos ao longo desta pesquisa permitiram que o objetivo geral desta dissertação fosse alcançado, ao propor o modelo para auxílio à tomada de decisão em problemas de seleção final de fornecedores a partir da utilização dos dois métodos mencionados anteriormente.

As abordagens conceituais e metodológicas discutidas nos capítulos 2 e 3 fundamentam o desenvolvimento dos referidos modelos, contribuindo de forma significativa para que os objetivos específicos deste trabalho fossem alcançados.

Por fim, entende-se que, conforme apontado pela maioria dos estudos comparativos presentes na literatura, os métodos *fuzzy-AHP* e *fuzzy-TOPSIS* podem ser considerados um dos mais adequados para tratar problemas envolvendo a seleção e a escolha final de fornecedores, pois ambos têm se mostrado eficazes na definição dos pesos dos critérios e na ordenação de alternativas.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bakhat, R; Rajaa, M. Developing a novel Grey integrated multi-criteria approach for enhancing the supplier selection procedure: A real-world case of Textile Company. **2019**
2. Accorsi, R.; Cascini, A.; Cholette, S.; Manzini, R. Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. *Elsevier*. **2013**
3. Janse, D.; Van de Vorst, G.; Van Weert, A. Multi-compartment Distribution in the Catering Supply Chain. *Pergamon*. **1998**
4. Ortiz-Barrios, M.; Cabarcas-Reyes, J.; Ishizaka, A.; Barbati M., Jaramillo-Rueda, N.; Carrascal-Zambrano, G. A hybrid fuzzy multi-criteria decision making model for selecting a sustainable supplier of forklift filters: a case study from the mining industry. *Springer*. **2021**
5. Petrovic, G.; Mihajlovic, J.; Cojbasic, Z.; Madic, M.; Marinkovic, D. Comparison of three fuzzy MCDM methods for solving the supplier selection problem. *FACTA UNIVERSITATI*. **2019**.
6. Kilic, H. An integrated approach for supplier selection in multi-item/multi-supplier environment. *Elsevier*. **2013**
7. Chatterjee, K.; Kar, S. Multi-criteria analysis of supply chain risk management using interval valued fuzzy TOPSIS. *Crossmark*. **2016**
8. Nieto-Morote, A.; Ruz-Vila, F. A fuzzy multi-criteria decision-making model for construction contractor prequalification. *Elsevier*. **2012**
9. Sufiyan, M.; Haleem, A.; Khan, S.; Khan, M. Evaluating food supply chain performance using hybrid fuzzy MCDM technique. *Elsevier*. **2018**
10. Frej, E.; Roselli, L.; Almeida, J.; Almeida, A. A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method. *Hindawi*. **2017**
11. Gonçalves, T.; Alencar, L. A Supplier selection model based on classifying its strategic impact for a company's business results. *Sobrapo*. **2013**.
12. Junior, F.; Carpinetti, L. A comparison between TOPSIS and Fuzzy-TOPSIS methods to support multicriteria decision making for supplier selection. *G&P*. **2015**
13. Verdecho, M.; Valero, F.; Perales, D.; Saiz, J. Rodriguez, R. A methodology to select suppliers to increase sustainability within supply chains. *Springer*. **2021**
14. Kao, J.; Whag, C.; Nguyen, V.; Husain, S. A fuzzy mcdm model of supplier selection in supply chain management. *Tech Science Press*. **2022**
15. Yazdani, M. An integrated MCDM approach to green supplier selection. *Growing Science*. **2014**.
16. Polat, G.; Eray, E.; Bingol, B. An integrated fuzzy MCGDM approach for supplier selection problem. *Journal of Civil engineering and management*. **2017**.
17. Wang, C.; Nguyen, V.; Chyou, J.; Li, T.; Nguyen, T. Fuzzy Multicriteria Decision-Making Model (MCDM) for Raw Materials Supplier Selection in Plastics Industry. *Mathematics*. **2019**
18. Wang, C.; Huang, Y.; Cheng, I.; Nguyen, V. A Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Approach Using Hybrid SCOR Metrics, AHP, and TOPSIS for supplier evaluation and selection in the gas and oil industry. *Processes*. **2018**
19. Yildiz, A.; Yayla, A. Multi-criteria decision-making methods for supplier selection: A literature review. Automotive Engineering Department, *Technology Faculty*. **2015**
20. Wang, C.; Yang, C.; Cheng, H. A fuzzy multicriteria decision-making (MCDM) model for sustainable supplier evaluation and selection based on triple bottom line approaches in the garment industry. *Processes*. **2019**

21. Royendegh, B.; Yildizbasi, A.; Ustunyer, P. Intuitionistic Fuzzy TOPSIS method for green supplier selection problem. *Springer*. **2020**
22. Jain, V.; Sangaiah.; Sakhuja.; Thoduka, N. Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry. *CrossMark*. **2016**
23. Junior, F.; Osiro, L.; Carpinetti, L. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Elsevier*. **2014**
24. Hruska, R.; Prusa, P.; Babic, D. The use of AHP method for selection of supplier. *Transport*. **2013**
25. Lu, K.; Liao, H.; Zavadskas, E. An overview of fuzzy techniques in supply chain management: Bibliometrics, methodologies, applications and future directions. *Vilnius Tech*. **2021**
26. Kannan, D.; Jabbour, A.; Jabbour, C. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using Fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *Elsevier*. **2013**
27. Azizi, A.; Aikhuele, D.; Souleman, F. A Fuzzy TOPSIS Model to Rank Automotive Suppliers. *Elsevier*. **2015**
28. Calik, A. A novel Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodology for green supplier selection in the Industry 4.0 era. *Springer*. **2020**
29. Kumar, R.; Padhi, S.; Sarkar, A. Supplier selection of an Indian heavy locomotive manufacturer: An integrated approach using Taguchi loss function, TOPSIS, and AHP. *IIBM*. **2019**
30. Azimifard, A.; Moosavirad, S.; Ariaifar, S. Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods. *Elsevier*. **2018**
31. Yildiz, A.; Yayla, Y. Application of fuzzy TOPSIS and generalized choquet integral methods to select the best supplier. *Decision Science Letters*. **2017**
32. Matic, B.; Jovanovic, S.; Das, D.; Zavadskas, E.; Stevic, Z.; Sremac, S.; Marinkovic, M. A new hybrid MCDM model: Sustainable supplier selection in a construction company. *Symmetry*. **2019**
33. Memari, A.; Dargi, A.; Jokar, M.; Ahmad, R.; Rahim, A. Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *Elsevier*. **2019**
34. Wang, C.; Tsai, H.; Ho, T.; Hguyen, V.; Huang, Y. Multi-criteria decision making (MCDM) model for supplier evaluation and selection for oil production projects in vietnam. *Processes*. **2020**
35. Wang, T.; Tsai, S. Solar panel supplier selection for the photovoltaic system design by using fuzzy multi-criteria decision making (MCDM) approaches. *Energies*. **2018**
36. Chien, F.; Wang, C.; Nguyen, V.; Hguyen, V.; Chau, K. An Evaluation Model of Quantitative and Qualitative Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach for Hydroelectric Plant Location Selection. *Energies*. **2020**
37. Chen, H.; Chou, S.; Luu, Q.; Yu, T. A Fuzzy MCDM Approach for Green Supplier Selection from the Economic and Environmental Aspects. *Hindawi*. **2016**
38. Zhao, H.; Guo, S. Selecting green supplier of thermal power equipment by using a hybrid MCDM method for sustainability. *Sustainability*. **2014**
39. Safari, H.; Faghih, A.; Fafhi, M. Integration of graph theory and matrix approach with fuzzy AHP for equipment selection. *OmniaScience*. **2013**