

**Análise Comparativa entre os Métodos Fuzzy-QFD e Fuzzy-TOPSIS na Avaliação de Ações do Setor Petrolífero da Bolsa de Valores do Brasil [B]3 S.A**

**JORGE LUCAS MARTINS DA SILVA**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

**FRANCISCO RODRIGUES LIMA JUNIOR**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

**RODRIGO ALVES SILVA**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

Agradecimento à orgão de fomento:

O presente trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ (processo 132335/2024-7).

# Análise Comparativa entre os Métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* na Avaliação de Ações do Setor Petrolífero da Bolsa de Valores do Brasil [B]3 S.A

## 1 INTRODUÇÃO

A teoria de portfólio, fundamental na moderna teoria das finanças, visa otimizar a alocação de ativos para maximizar o retorno para uma dada faixa de risco ou minimizar o risco para uma dada faixa de retorno. Desenvolvida inicialmente por Markowitz (1952), a teoria de portfólio, utiliza a variância como medida de risco, formulando uma abordagem de média variância para a seleção de ativos. Esta perspectiva foi posteriormente expandida por Lintner (1965), Sharpe (1966) e Mossin (1966), solidificando o conceito de diversificação como uma estratégia para a gestão de portfólios. Nos últimos anos, a teoria de portfólio tem sido revisitada e aprimorada para lidar com os desafios contemporâneos dos mercados financeiros globais, incorporando aspectos como a teoria comportamental, ferramentas de inteligência artificial e gestão de risco sistêmico (Fabozzi *et al.*, 2020).

Como uma das principais contribuições dessas novas perspectivas, o relaxamento da suposição clássica de racionalidade dos agentes passou a ser objeto de estudo, desenvolvendo-se teorias, abordagens e ferramentas para tratamento do tema. Em particular, a teoria comportamental, fundamentada por estudos de Daniel Kahneman e Amos Tversky, trouxe uma compreensão mais profunda de como as decisões dos investidores podem ser influenciadas por vieses cognitivos e emocionais, desafiando os pressupostos tradicionais de racionalidade (Kahneman & Tversky, 1979). Essa perspectiva tem sido usada para entender a dinâmica dos mercados financeiros modernos e desenvolver estratégias de investimento mais robustas e adaptadas ao comportamento humano.

Para lidar com essa complexidade, métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) têm sido amplamente utilizados na literatura (Nguyen *et al.*, 2020; Alali & Tolga, 2019). Essas técnicas permitem abordagens abrangentes para a seleção de investimentos, agregando vários critérios de avaliação para otimizar a composição dos portfólios.

Existem inúmeros modelos disponíveis para a avaliação de ações, variam desde métodos tradicionais baseados em análise fundamentalista até abordagens mais avançadas que incorporam técnicas de inteligência artificial e métodos multicritério (Fabozzi *et al.*, 2020; Baydaş, Elma e Pamučar, 2022). Entre esses modelos, algumas técnicas se destacam por utilizar a lógica *Fuzzy*, caso do estudo de Lakshmi & Kumara (2024) que fizeram uso da técnica de Ordem de Preferência por Similaridade à Solução Ideal (TOPSIS) e o Processo de Hierarquia Analítica *Fuzzy* Ponderada Randomizada (AHP) combinados para criar um modelo de seleção de ações dentro de determinado portfólio. Apesar da diversidade de métodos disponíveis, há uma escassez de estudos comparativos que avaliem a eficácia dessas técnicas multicritério no domínio específico da seleção de ações. Estudar a comparação entre diferentes métodos possibilita identificar as forças e fraquezas de cada abordagem, dispondo uma base mais sólida para a escolha do método mais adequado a cada situação.

Neste contexto, o objetivo principal desta pesquisa é comparar os métodos *Fuzzy-QFD* (*Quality function deployment*) e *Fuzzy-TOPSIS* no apoio à tomada de decisão multicritério para a seleção de ações no setor petrolífero da [B]3 S.A (Bolsa de Valores do Brasil), especificamente no segmento de Exploração, Refino e Distribuição. O problema de pesquisa surge da complexidade em avaliar e selecionar ações que apresentam características financeiras diversificadas e desempenhos variáveis, devido a volatilidade do mercado petrolífero e a influência de fatores externos, como flutuações no preço do petróleo, regulamentações ambientais, a busca por fontes de energia limpas, até mesmo as estratégias de crescimento, riscos de agência, políticas de dividendos, dentre outras características que distinguem naturalmente as organizações. Desta forma busca-se identificar as ações mais promissoras neste setor para maximizar retornos e gerenciar riscos de forma mais eficiente.

Foram escolhidos os métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* por suas capacidades de lidar com múltiplos critérios qualitativos e quantitativos, bem como de integrar a percepção de especialistas na avaliação das alternativas. O *Fuzzy-QFD* permite mapear e priorizar os critérios que são críticos para o sucesso das ações, enquanto o *Fuzzy-TOPSIS* facilita a comparação e classificação das ações com base na similaridade a uma solução ideal. Ambos os métodos são conhecidos por sua robustez em contextos de decisão onde a incerteza e a ambiguidade são predominantes, características típicas do mercado de ações.

## 2 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Considerando as características das ferramentas e do problema, adotou-se uma abordagem baseada em modelagem e simulação computacional a exemplo da adotada por estudos como os de Rahiminezhad Galankashi *et al.* (2020), Nguyen *et al.* (2020) e Baydaş, Elma e Pamučar (2022). As etapas do estudo perpassam a revisão bibliográfica, coleta de dados, desenvolvimento e implementação dos modelos estudados e análise dos resultados.

Em relação à pesquisa bibliográfica realizou-se um levantamento bibliográfico para entender os métodos de análise Fuzzy aplicados à área financeira mais adequados para avaliar a decisão de investimentos em ações. Foram exploradas palavras-chave relacionadas aos métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS*, suas aplicações em decisões de investimento e suas vantagens em relação a métodos tradicionais. As bases de dados consultadas incluíram *Science Direct* e a ferramenta Google Acadêmico, utilizando palavras-chave como “*investment*”, “*stock market*”, “*multicriteria*”, “*Fuzzy TOPSIS*” e “*Fuzzy QFD*”.

Os dados foram coletados a partir dos relatórios financeiros e operacionais de empresas do setor de exploração, refino e distribuição de petróleo listadas na bolsa de valores do Brasil (B3, 2024). As informações coletadas permitiram calcular indicadores financeiros como ROE (*Return on equity*), Margem de Lucro Líquida e ROA (*Return on assets*). O recorte temporal foi o último ano, especificamente comparando o primeiro trimestre de 2023 com o primeiro trimestre de 2024.

Os modelos foram implementados utilizando Microsoft Excel® devido a facilidade de implementação das equações e de manipulação do modelo. Para isso construiu-se um modelo automático para os cálculos dos métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS*. As aplicações foram baseadas nos dados fornecidos por dois especialistas em finanças, que avaliaram as dez ações selecionadas em relação aos cinco critérios estabelecidos de acordo com a literatura. Os modelos computacionais foram implementados de acordo com Chen (2000) para o *Fuzzy-TOPSIS* e Juan *et al.* (2009) para o *Fuzzy-QFD*, melhor detalhadas no referencial teórico. No modelo *Fuzzy-TOPSIS*, primeiramente foram convertidos os julgamentos linguísticos dos decisores, associando a números *fuzzy* triangulares. Na sequência, calculou-se a matriz de decisão normalizada e ponderada. A partir dos valores das distâncias entre as pontuações das ações e as soluções ideais, calculou-se os valores do coeficiente de proximidade, que indica a atratividade de cada ação. No modelo *Fuzzy-QFD*, a princípio, foram convertidos os julgamentos linguísticos dos decisores, associando a números triangulares *fuzzy*. Em seguida, foi construído o diagrama da matriz “*what*”, que integra as necessidades dos clientes e as características técnicas das ações. A matriz de relacionamento “*how*” foi então preenchida com os valores *fuzzy*, estabelecendo as correlações entre os requisitos e as alternativas de investimento. Posteriormente, calculou-se a matriz de decisão normalizada e ponderada, considerando as prioridades atribuídas pelos decisores. Finalmente, as pontuações fuzzy foram agregadas para determinar o *ranking* das ações, destacando a atratividade de cada uma com base em características técnicas e atendimento das prioridades dos decisores.

A análise comparativa dos métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* permitiu identificar suas vantagens e desvantagens específicas no contexto do mercado petrolífero, demonstrando a usabilidade das ferramentas para o contexto da aplicação. Foram destacadas as capacidades

de cada método em lidar com os critérios estabelecidos, bem como a robustez na identificação de ações mais promissoras e na gestão de riscos dadas as perspectivas dos gestores. Tais análises são detalhadas na seção de análise dos resultados.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O Problema de Seleção de Ações

A seleção de ações é uma atividade importante para investidores, pois decisões estratégicas nesse processo afetam diretamente o desempenho financeiro de um portfólio (Fabozzi *et al.*, 2020). A escolha adequada de ativos influencia a rentabilidade e o risco associado, afetando os retornos financeiros e a estabilidade dos investimentos (Brigham & Erhardt, 2023). A escolha de ativos não só otimiza o retorno ajustado ao risco, mas também contribui para a gestão eficaz de riscos sistêmicos e específicos.

Estudos recentes mostram que decisões bem fundamentadas na seleção de carteiras permite aos investidores manter uma posição competitiva, gerar valor no longo prazo e garantir uma estratégia de investimento robusta e resiliente. Portanto, compreender e aplicar as melhores práticas na seleção de carteiras faz-se necessário para maximizar os retornos e gerenciar de maneira eficaz os riscos, contribuindo para uma estratégia de investimento bem-sucedida (Fabozzi *et al.*, 2020; Jalota *et al.*, 2021).

A seleção de ações é um processo difícil que exige a consideração de uma variedade de critérios financeiros e operacionais para avaliar o desempenho e a saúde financeira das empresas. Brealey, Myers e Allen (2023) e Baydaş, Elma e Pamučar (2022) destacam a importância de indicadores como o Retorno sobre Ativos (*Return on Assets*, ROA) e o Retorno sobre o Patrimônio Líquido (*Return on equity*, ROE) para medir a eficiência com que uma empresa utiliza seus ativos e capital próprio para gerar lucro.

No setor petrolífero, especificamente, é importante avaliar a eficiência operacional e a lucratividade das empresas, sobretudo devido à volatilidade dos preços do petróleo e as grandes despesas de capital investido. Nesse contexto, Aithal *et al.* (2024) destaca a importância de diversos indicadores, tais como a Margem EBITDA (Margem de Lucro Antes de Depreciação, Juros e Impostos) e a Margem EBIT (Margem de Lucro Antes de Juros e Impostos) que avaliam a eficiência operacional das empresas, pois excluem os efeitos de despesas não operacionais e financeiras. Ainda segundo os autores, indicadores como Margem de Lucro Líquido (*Net Profit Margin*) e Dívida Total/Patrimônio (*Total Debt/Equity*) devem ser considerados quando se analisa esse tipo de empresa (Aithal *et al.*, 2024). A eficiência operacional pode ser observada através do Índice de Rotatividade dos Ativos (*Asset Turnover Ratio*), que mede a capacidade da empresa de gerar receita a partir de seus ativos totais. Indicadores de liquidez, como o Índice de Liquidez Corrente (*Current Ratio*) e o Índice de Liquidez Imediata (*Quick Ratio*), são utilizados para avaliar a capacidade da empresa de cumprir suas obrigações de curto prazo. O Índice de Rotatividade de Estoque (*Inventory Turnover Ratio*) também é relevante, especialmente em empresas que mantêm grandes estoques de produtos (Aithal *et al.*, 2024).

Além disso, a avaliação da empresa no mercado pode ser analisada através de indicadores como o Valor da Empresa (*Enterprise Value*) e suas relações com a Receita Operacional Líquida (*EV/Net Operating Revenue*) e o EBITDA (*EV/EBITDA*, *Earnings before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization*). Esses indicadores ajudam a determinar o valor total da empresa, considerando tanto o valor de mercado quanto as dívidas, gerando uma visão mais abrangente da sua avaliação financeira.

#### 3.2 Aplicações de Métodos Multicritério para Gestão de Portfólio

Os métodos multicritério são ferramentas analíticas que ajudam na tomada de decisões complexas que envolvem a avaliação de múltiplos critérios. Eles são amplamente utilizados em várias disciplinas, incluindo a gestão de investimentos, devido à sua capacidade de incorporar

uma ampla gama de fatores e perspectivas na avaliação e seleção de alternativas. Em vez de focar em um único critério, como o custo ou a eficiência, os métodos multicritério permitem a avaliação holística das alternativas disponíveis, considerando aspectos quantitativos e qualitativos. O primeiro trabalho a explorar métodos multicritério no mercado de ações foi apresentado por Hababou & Martel (1998), que usaram o método PROMETHEE II (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) para a seleção de um gestor de portfólio.

Para ilustrar a variedade de aplicações dos métodos multicritério em problemas de seleção de ações, o Quadro 1 apresenta uma série de estudos que implementaram essas metodologias para avaliar e priorizar ações em diferentes contextos financeiros.

Quadro 1 – Abordagens de Gestão de Portfólios.

<b>Autor (es)</b>	<b>Método(s) Aplicado(s)</b>	<b>Objetivo(s)</b>
Hababou & Martel (1998)	PROMETHEE II	Seleção de um gestor de portfólio.
Abdelaziz & Mallek (2018)	Métodos de parada ótima multicritério.	Otimização de portfólio.
Alali & Tolga (2019)	TODIM.	Alocação de portfólios com análise de preferências de risco e retorno.
Rahiminezhad Galankashi <i>et al.</i> (2020)	<i>Fuzzy</i> ANP.	Classificar portfólios na Bolsa de Valores de Teerã (TSE).
Nguyen <i>et al.</i> (2020)	AHP, GRA, TOPSIS e MOORA.	Classificar as ações de empresas agrícolas indexadas no Mercado de Valores do Vietnã.
Frej <i>et al.</i> (2021)	Relação Benefício-Custo ( <i>Benefit-to-cost ratio</i> , BCR).	Seleção de portfólio com base em uma elicitación, com dados incompletos sobre as preferências dos decisores.
Baydaş, Elma e Pamučar (2022)	Diversos métodos multicritérios.	Determinar a capacidade dos MCDM baseado nos retornos de ações.
Shafiei-Nikabadi <i>et al.</i> (2022)	<i>Fuzzy</i> -QFD.	Avaliação de requisitos técnicos em aplicações financeiras móveis.
Hao <i>et al.</i> (2023)	Aprendizado por Reforço (RL) e vetores <i>Fuzzy</i> tridimensionais.	Treinar um computador para gerenciar um portfólio baseado em vetores <i>Fuzzy</i> .
Janková (2023)	Ferramenta Neuro- <i>Fuzzy</i> Híbrida.	Prever o desenvolvimento do mercado de ações usando um modelo neuro- <i>fuzzy</i> adaptativo.
Sarita e Sharma (2023)	Algoritmos Genéticos e Lógica <i>Fuzzy</i> .	Revisão sobre previsão de tendências no mercado de ações.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Recentemente, Abdelaziz & Mallek (2018) desenvolveram um modelo de otimização de portfólios baseado no método de parada ótima. A regra de decisão ótima é baseada na atualização de pesos para os diferentes critérios cada vez que ocorre um conflito. Assim, investidores podem levar em consideração múltiplos critérios e a incerteza dos dados financeiros, o que possibilitou a criação de portfólios mais robustos e alinhados com as expectativas de retorno e risco dos investidores. No mesmo contexto, Alali & Tolga (2019) aplicaram o método TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) na alocação de portfólios, oferecendo uma análise das preferências dos investidores em relação ao risco e ao retorno, contribuindo para o aprimoramento das estratégias de seleção de ativos. Rahiminezhad Galankashi *et al.* (2020) aplicaram uma abordagem baseada na Análise de Rede *Fuzzy*-ANP (Processo Analítico em Rede) para a seleção de portfólios baseada em diversos critérios na Bolsa de Valores de Teerã (TSE).

Nguyen *et al.* (2020) integraram metodologias como a AHP (*Analytic Hierarchy Process*), a Técnica para Preferência por Similaridade à Solução Ideal (TOPSIS) e a Otimização Multiobjetivo por Análise de Razão (MOORA) para otimizar a seleção de investimentos em ações de empresas agrícolas no mercado de ações do Vietnã. Frej *et al.* (2021) propuseram uma abordagem baseada na relação benefício-custo para a seleção de portfólios, utilizando dados de preferência incompletas. Isso trouxe uma nova perspectiva sobre como maximizar os benefícios dos investimentos, mesmo quando há lacunas significativas nos dados disponíveis.

Shafiei-Nikabadi *et al.* (2022) aplicaram o *Fuzzy-QFD* na avaliação de requisitos técnicos em aplicações financeiras móveis. Hao *et al.* (2023) aplicaram um algoritmo de aprendizado profundo de reforço com conjuntos *Fuzzy* para a gestão de portfólios de ações, para lidar com a incerteza e a dinâmica do mercado financeiro. No mesmo ano, Janková (2023) desenvolveu uma ferramenta híbrida adaptativa neuro-*fuzzy* para prever a competitividade e a eficiência dos mercados de ações dos países do Grupo Visegrad, contribuindo para a compreensão das dinâmicas desses mercados emergentes. Sarita & Sharma (2023) realizaram uma revisão sobre o uso de algoritmos genéticos e lógica *Fuzzy* no mercado de ações, destacando a importância da rede neural para a previsão de tendências.

A partir dos estudos listados, nota-se que as técnicas baseadas em conjuntos *Fuzzy* apresentam alta aplicabilidade na área de gestão de investimentos, devido à sua capacidade de lidar com decisões sob incerteza. A seguir são discutidos os fundamentos da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*.

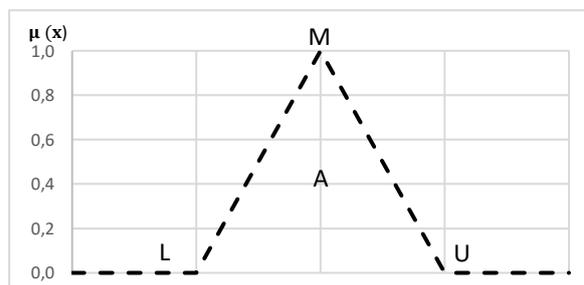
### 3.3 Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*

A Lógica *Fuzzy* (Zadeh, 1965), também conhecida como Lógica Difusa, é uma forma de lógica que permite trabalhar com conceitos que não são precisos ou exatos, mas sim vagos ou ambíguos. Essa abordagem é inspirada na maneira como os humanos tomam decisões e processam informações, lidando com a incerteza e a imprecisão do mundo real. Em vez de lidar com verdades absolutas, a Lógica *Fuzzy* permite que as variáveis tenham valores que podem variar entre 0 e 1, representando graus de verdade.

O grau de pertinência de qualquer elemento em um conjunto na Teoria Clássica dos Conjuntos é 0 ou 1, em outras palavras, um elemento é membro de um conjunto (neste caso, grau de pertinência = 1) ou não é membro (neste caso, pertinência grau = 0). Por esse motivo, esse modelo não é suficiente para expressar a informação pertencente a qualquer elemento do conjunto com valores transitórios (Lima Junior & Carpinetti, 2016).

Ao imitar a lógica humana, a lógica *Fuzzy* pode operar em situações incertas e aproximadas. A forma de um número *Fuzzy* é determinada pelo comportamento de sua função de pertinência  $\mu(x)$ , que quantifica a imprecisão relacionada a uma informação. Como ilustrado na Figura 1, um número *Fuzzy* triangular pode ser representado como  $(l, m, u)$ , onde  $m$  representa um valor *crisp* para o conjunto *Fuzzy*,  $l$  é o limite inferior, e  $u$  é o limite superior (Lima Junior & Carpinetti, 2016).

Figura 1 - Número *Fuzzy* Triangular



$$\text{sendo } \mu_A(X) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ se } x \leq l \\ \frac{x-l}{m-l} \text{ se } x \in [l, m] \\ \frac{u-x}{u-m} \text{ se } x \in [m, u] \\ 0, \text{ se } x \geq u \end{array} \right\}$$

Fonte: Lima Junior e Carpinetti (2016)

### 3.4 Método *Fuzzy-TOPSIS*

O método TOPSIS, um subgrupo de métodos MCDM, foi desenvolvido por Hwang & Yoon em 1981. O algoritmo de solução do TOPSIS consiste em determinar a alternativa que está mais próxima da solução ideal positiva e a alternativa que está mais distante da solução ideal negativa (Jin, 2023). A abordagem *Fuzzy-TOPSIS* idealizada inicialmente por Chen (2000) estende o TOPSIS para resolver problemas de tomada de decisão em grupo em um

ambiente de incerteza (Kumar & Barman, 2021). Este método utiliza termos linguísticos em vez de valores numéricos para refletir o ambiente de forma mais realista. Assim, os decisores expressam verbalmente suas opiniões à medida que avaliam os critérios e alternativas (Kumar & Barman, 2021). Um número *Fuzzy* é então gerado com base nessas expressões verbais. Posteriormente, os passos a seguir são aplicados para obtenção da solução do problema (Lima Junior & Carpinetti, 2015)

Etapa 1: Primeiramente, agregam-se as avaliações linguísticas dos decisores (DMs) usando a Equação 1, que consolida as pontuações das alternativas. Aqui,  $\tilde{x}_{ij}$  representa a nota da alternativa  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) para o critério  $C_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) dada pelo decisor  $DM_r$  ( $r = 1, \dots, k$ ). Em seguida, a Equação 2 é utilizada para combinar os pesos dos critérios, onde  $\tilde{W}_j$  indica o peso atribuído pelo DM  $r$ .

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{X}_{ij}^1 + \tilde{X}_{ij}^r + \dots + \tilde{X}_{ij}^k] \quad (1)$$

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

Etapa 2: Constrói-se uma matriz de decisão *Fuzzy*  $\tilde{D}$  para as pontuações das alternativas e um vetor *Fuzzy*  $\tilde{W}$  para os pesos dos critérios, conforme as Equações 3 e 4, respectivamente.

$$\tilde{W}_j = [\tilde{W}_1 + \tilde{W}_2 \dots \tilde{W}_m] \quad (3)$$

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & \dots & D_{1j} & \dots & D_{1m} \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots \\ D_{i1} & D_{i2} & \dots & D_{ij} & \dots & D_{im} \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots \\ D_{n1} & D_{n2} & \dots & D_{nj} & \dots & D_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

Etapa 3: Normaliza-se a matriz  $\tilde{D}$  com uma escala de transformação linear. A matriz normalizada  $\tilde{R}$  é obtida pela Equação 5, onde  $\tilde{r}_{ij}$  é calculado através das Equações 6 ou 7.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}] \text{ m x n} \quad (5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right) \text{ sendo } u_j^+ = \max_i u_{ij} \text{ (critérios de benefício)} \quad (6)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right) \text{ sendo } l_j^- = \min_i l_{ij} \text{ (critérios de custo)} \quad (7)$$

Etapa 4: Calcula-se a matriz normalizada e ponderada  $\tilde{V}$  de acordo com a Equação 8 multiplicando os pesos  $\tilde{w}_j$  pelos elementos  $\tilde{r}_{ij}$  da matriz normalizada, conforme a Equação 9.

$$\tilde{V} = [\tilde{V}_{ij}] \text{ m x n} \quad (8)$$

$$\tilde{V} = \tilde{r}_{ij} * \tilde{w}_j \quad (9)$$

Etapa 5: Define-se a solução ideal positiva (FPIS,  $A^+$ ) e a solução ideal negativa (FNIS,  $A^-$ ) com as Equações 10 e 11, onde  $\tilde{v}_j^+ = (1, 1, 1)$  e  $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ .

$$A^+ = \{\tilde{V}_1^+, \tilde{V}_j^+, \dots, \tilde{V}_m^+\} \quad (10)$$

$$A^- = \{\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_j^-, \dots, \tilde{V}_m^-\} \quad (11)$$

Etapa 6: Calcula-se a distância  $D_i^+$  entre FPIS e as pontuações das alternativas na matriz  $\tilde{R}$  com a Equação 12. Da mesma forma, determina-se a distância  $D_i^-$  entre FNIS e as pontuações usando

a Equação 13. Nas Equações 12 e 13,  $d(\dots)$  representa a distância entre dois números *Fuzzy* pelo método *vertex*, conforme a Equação 14 para números *Fuzzy* triangulares.

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_j^+) \quad (12)$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_j^-) \quad (13)$$

$$d(\tilde{x}, \tilde{z}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_x - l_z)^2 + (m_x - m_z)^2 + (u_x - u_z)^2]} \quad (14)$$

Etapa 7: Para cada alternativa avaliada, calcula-se o coeficiente de aproximação  $CC_i$  conforme a Equação 15.

$$CC_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)} \quad (15)$$

Por fim, classificasse as alternativas em ordem decrescente dos valores de  $CC_i$ . Quanto mais próximo de 1, melhor o desempenho geral da alternativa.

### 3.5 Método *Fuzzy*-QFD

A metodologia *Fuzzy*-QFD oferece uma estrutura que facilita a aplicação organizada de critérios, permite também a avaliação da importância relativa e da intensidade das relações entre as variáveis do problema (Reda & Dvivedi, 2022). Além disso, entre os métodos de análise multicritério, a abordagem *Fuzzy*-QFD é destacada por sua capacidade de tratar questões subjetivas, utilizando termos linguísticos em vez de números para expressar a percepção individual (Lima Junior & Carpinetti, 2016; Reda & Dvivedi, 2022).

O método *Fuzzy*-QFD combina operações algébricas difusas com as matrizes de priorização e relacionamento da técnica QFD, conhecidas como matriz "*what*" e matriz "*how*", respectivamente. Essa abordagem foi inicialmente desenvolvida por Juan *et al.* (2009), que introduziu a integração da lógica *Fuzzy* com a técnica QFD no contexto de seleção de empreiteiros de reforma de moradias. No presente estudo, utiliza-se a versão do método *Fuzzy*-QFD descrita por Lima Junior & Carpinetti (2016). Esta abordagem foi selecionada devido à sua versatilidade e à baixa complexidade de implementação prática. Os passos do *Fuzzy*-QFD são apresentados a seguir:

Etapa 1: Identificam-se os requisitos a serem avaliados, os quais geralmente representam necessidades dos stakeholders.

Etapa 2: Os critérios de decisão são levantados com base na literatura e nas particularidades do problema em questão.

Etapa 3: Os requisitos são ponderados usando uma matriz "*what*", fundamentada nos julgamentos linguísticos fornecidos por especialistas ( $d = 1, \dots, t$ ). Cada requisito é identificado por um índice  $i$ , onde  $i=1, \dots, n$ . A Equação 16 agrega as opiniões dos especialistas ( $\tilde{z}_i^d$ ) em relação ao peso de cada requisito, o resultado é *desfuzzificado* pela Equação 17 e normalizado pela Equação 18.

$$\tilde{X}_i = \sum_{d=1}^t (\tilde{z}_i^d) / t \quad (16)$$

$$x_i = \frac{(l_i + 2 * m_i + u_i)}{4} \quad (17)$$

$$w_i = x_i / \sum_i^n = 1^{x_i} \quad (18)$$

Etapa 4: Com a matriz "how", os especialistas avaliam a intensidade do relacionamento entre os requisitos do cliente e os critérios  $j$  definidos na etapa 2 ( $j = 1, \dots, m$ ).

Etapa 5: Os julgamentos dos tomadores de decisão ( $\tilde{R}_{ij}^d$ ) são agregados pela Equação 19. Esses valores agregados ( $\tilde{R}_{ij}$ ) são então usados para calcular o peso de cada critério ( $\tilde{P}_j$ ) pela Equação 20, que soma ponderadamente cada coluna da matriz "how". Logo após os pesos são desfuzzificados pela Equação 21 e normalizados pela Equação 22.

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\sum_{d=1}^t (\tilde{R}_{ij}^d)}{t} \quad (19)$$

$$\tilde{p}_i = \sum_{i=1}^n w_i \times \tilde{r}_{ij} \quad (20)$$

$$p_i = \frac{(l_i + 2 * m_i + u_i)}{4} \quad (21)$$

$$pn_i = p_j / \sum_{j=1}^m p_i \quad (22)$$

Etapa 6: Os especialistas definem um conjunto de alternativas e avaliam sua pontuação em relação aos critérios, utilizando uma matriz "how".

Etapa 7: Por fim, calculam-se o desempenho global das alternativas e o ranqueamento em ordem decrescente. Os cálculos nesta etapa são similares aos da etapa 5, e incluem a agregação dos julgamentos, a soma ponderada de cada coluna, a desfuzzificação e normalização dos resultados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas empresas listadas no setor petrolífero da [B]3 S.A (B3, 2024), segmento de exploração, refino e distribuição conforme o Quadro 2, os métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* foram aplicados em um caso real de seleção de ações para o ano de 2024.

Quadro 2 - Empresas listadas no segmento de exploração, refino e distribuição de petróleo da b3.

Alternativa	Nome da Empresa	Código na bolsa de valores
A1	Petróleo Brasileiro S.A (Petrobrás)	PETR4
A2	Cosan S. A	CSAN3
A3	3R Petroleum óleo e gás S. A	RRRP3
A4	Prio S. A	PRIO3
A5	Enauta Participações S. A	ENAT3
A6	Vibra Energia S. A	VBBR3
A7	Ultrapar Participações S. A	UGPA3
A8	Raizen S.A	RAIZ4
A9	Petrorecôncavo S. A	RECV3
A10	Refinaria de Petróleos Manguinhos S. A	RPMG3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para selecionar a melhor alternativa, 10 ações foram avaliadas com a ajuda de dois especialistas em finanças, que também atribuíram pesos aos critérios. Os critérios avaliados foram selecionados pelos decisores com base em Aithal *et al.* (2024), conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios de Análise

Critério	Definição	Fonte
Retorno sobre o Patrimônio Líquido (C1)	O Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE) avalia a rentabilidade dos recursos próprios investidos na empresa, demonstrando como a gestão utiliza esses recursos para gerar lucros.	Brigham & Erhardt, 2023

Margem de Lucro Líquida (C2)	A Margem de Lucro Líquida mede a porcentagem do lucro líquido em relação à receita total da empresa, indicando sua eficiência operacional na conversão de receitas em lucros.	Brealey, Myers, & Allen, 2022
Retorno sobre Ativos (ROA) (C3)	O Retorno sobre Ativos (ROA) é uma métrica que avalia a eficiência com a qual a empresa utiliza seus ativos totais para gerar lucro líquido. Esse índice demonstra a capacidade da gestão em converter os investimentos em ativos em resultados financeiros positivos, refletindo a eficácia operacional e a rentabilidade dos ativos da empresa	Brealey, Myers, & Allen, 2022
Dívida Líquida/Patrimônio (C4)	Dívida Líquida/Patrimônio mede a proporção da dívida líquida em relação ao patrimônio líquido da empresa, refletindo sua capacidade de gestão de endividamento e saúde financeira	Brealey, Myers, & Allen, 2022
Múltiplo EV/EBITDA (C5)	O múltiplo EV/EBITDA é um indicador financeiro que compara o valor da empresa ( <i>Enterprise Value</i> , EV) ao seu EBITDA ( <i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i> ). Este índice é utilizado para avaliar a atratividade de uma empresa em relação a suas concorrentes, medindo como o mercado avalia a empresa em relação ao seu desempenho operacional antes de considerar os efeitos da estrutura de capital e das políticas de impostos e depreciação	Fabozzi <i>et al.</i> , 2020

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.1 Aplicação do Método *Fuzzy*-TOPSIS

Como indicado nas Tabelas 1 e 2, foram estabelecidas duas escalas linguísticas baseadas em Chen (2000) e Lima Junior & Carpinetti (2015) uma para atribuir peso aos critérios e outra para avaliar o desempenho das ações. Os termos linguísticos foram representados por números *Fuzzy* triangulares. A Figura 2 mostra as escalas linguísticas do desempenho das ações e do peso dos critérios respectivamente.

Tabela 1 - Escala de avaliação para o desempenho das ações no método *Fuzzy*-TOPSIS

Variáveis Linguísticas	Acrônimo	L	M	U
Muito Baixo	(MB)	1,00	1,00	3,00
Baixo	(B)	1,00	3,00	5,00
Médio	(M)	3,00	5,00	7,00
Alto	(A)	5,00	7,00	9,00
Muito alto	(MA)	7,00	9,00	10,00

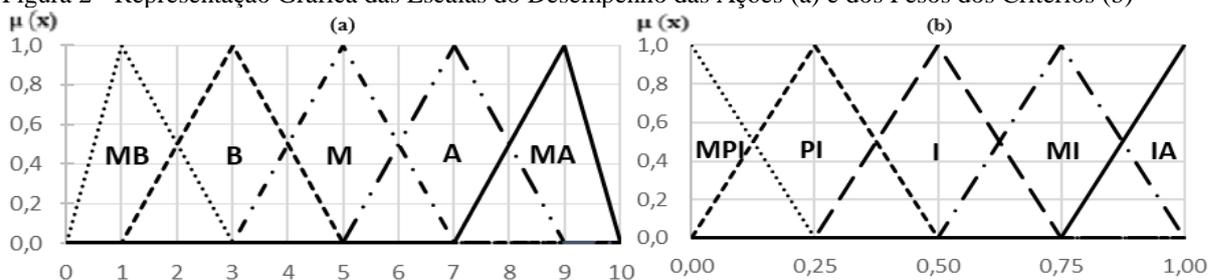
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 - Escala de avaliação dos pesos dos critérios no método *Fuzzy*-TOPSIS

Variáveis Linguísticas	Acrônimo	L	M	U
Muito pouco importante	(MPI)	0,00	0,00	0,25
Pouco importante	(PI)	0,00	0,25	0,50
Importante	(I)	0,25	0,50	0,75
Muito importante	(MI)	0,50	0,75	1,00
Importância absoluta	(IA)	0,75	1,00	1,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2 - Representação Gráfica das Escalas do Desempenho das Ações (a) e dos Pesos dos Critérios (b)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os julgamentos dos especialistas em relação ao desempenho das ações e à importância dos critérios de decisão são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz de avaliação linguística dos tomadores de decisão sobre o desempenho das Empresas

DM1	C1	C2	C3	C4	C5	DM2	C1	C2	C3	C4	C5
A1	A	A	A	A	MA	A1	MA	A	A	A	M
A2	B	B	B	B	B	A2	M	B	B	MB	M
A3	B	B	B	B	B	A3	B	B	B	B	A
A4	MA	MA	MA	A	A	A4	MA	MA	A	A	M
A5	B	B	MB	A	B	A5	B	B	M	A	MA
A6	MA	B	MA	A	M	A6	MA	B	A	A	M
A7	M	B	M	A	B	A7	A	B	M	A	A
A8	B	MB	B	B	B	A8	B	B	B	B	M
A9	M	A	M	MA	B	A9	A	A	M	MA	M
A10	MB	MB	MB	MA	MB	A10	MB	MB	MB	MA	MB
Peso dos Critérios	MI	I	I	MI	I	Peso dos Critérios	IA	MI	MI	MI	IA

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por meio das Equações 6, 7, 8 e 9, chegou-se à matriz de decisão *Fuzzy* ponderada e normalizada, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de decisão ponderada e normalizada.

A <sub>i</sub>	C1			C2			C3			C4			C5		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
A1	0,38	0,70	0,95	0,19	0,44	0,79	0,20	0,46	0,83	2,50	5,25	9,00	1,50	3,75	6,13
A2	0,13	0,35	0,60	0,04	0,19	0,44	0,04	0,20	0,46	0,50	1,50	4,00	1,50	3,75	6,13
A3	0,06	0,26	0,50	0,04	0,19	0,44	0,04	0,20	0,46	0,50	2,25	5,00	3,00	6,00	8,31
A4	0,44	0,79	1,00	0,26	0,56	0,88	0,24	0,53	0,88	2,50	5,25	9,00	2,00	4,50	7,00
A5	0,06	0,26	0,50	0,04	0,19	0,44	0,08	0,20	0,46	2,50	5,25	9,00	3,50	6,75	8,75
A6	0,44	0,79	1,00	0,04	0,19	0,44	0,24	0,53	0,88	2,50	5,25	9,00	1,50	3,75	6,13
A7	0,25	0,53	0,80	0,04	0,19	0,44	0,12	0,33	0,64	2,50	5,25	9,00	2,50	5,25	7,88
A8	0,06	0,26	0,50	0,04	0,13	0,35	0,04	0,20	0,46	0,50	2,25	5,00	1,50	3,75	6,13
A9	0,25	0,53	0,80	0,19	0,44	0,79	0,12	0,33	0,64	3,50	6,75	10,00	1,50	3,75	6,13
A10	0,06	0,09	0,30	0,04	0,06	0,26	0,04	0,07	0,28	3,50	6,75	10,00	0,50	0,75	2,63

Fonte: Elaborado pelos autores.

Usando as Equações 12 e 13, foram definidas as soluções ideais positiva e negativa, conforme mostra a Tabela 5. A Tabela 6 apresenta as distâncias entre o desempenho das ações em relação à solução ideal positiva. Esse cálculo é utilizado para entender quão próxima cada ação está da solução ideal positiva, que representa o melhor cenário possível para cada critério avaliado. A Tabela 7, por sua vez, apresenta as distâncias entre o desempenho das ações em relação à solução ideal negativa indicando o quão longe cada ação está da solução ideal negativa, que representa o pior cenário possível para cada critério.

Tabela 5 - Solução ideal positiva ( $A^+$ ) e a solução ideal negativa ( $A^-$ ).

	C1			C2			C3			C4			C5		
SIP	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
SIN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 6 - Distâncias entre o desempenho das ações em relação a solução ideal positiva.

	C1	C2	C3	C4	C5	D+
A1	0,401	0,584	0,567	6,186	3,370	11,109
A2	0,670	0,796	0,787	2,483	3,370	8,107
A3	0,747	0,796	0,787	3,179	5,243	10,752
A4	0,347	0,500	0,524	6,186	4,052	11,609
A5	0,747	0,796	0,771	6,186	5,755	14,256
A6	0,347	0,796	0,524	6,186	3,370	11,224
A7	0,525	0,796	0,672	6,186	4,746	12,926
A8	0,747	0,840	0,787	3,179	3,370	8,922
A9	0,525	0,584	0,672	7,253	3,370	12,404
A10	0,857	0,885	0,879	7,253	0,992	10,866

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 7 - Distâncias entre o desempenho das Ações em relação a solução ideal negativa.

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>D-</b>
A1	0,715	0,531	0,559	5,301	4,236	11,343
A2	0,407	0,276	0,290	1,780	4,236	6,989
A3	0,328	0,276	0,290	2,437	6,167	9,498
A4	0,777	0,619	0,605	5,301	4,941	12,244
A5	0,328	0,276	0,293	5,301	6,693	12,891
A6	0,777	0,276	0,605	5,301	4,236	11,195
A7	0,571	0,276	0,423	5,301	5,652	12,223
A8	0,328	0,216	0,290	2,437	4,236	7,506
A9	0,571	0,531	0,423	6,333	4,236	12,094
A10	0,184	0,157	0,166	6,333	1,602	8,442

Fonte: Elaborado pelos autores.

Usando os dados das Tabelas 6 e 7, por meio da aplicação da equação 15, foi calculado coeficiente de aproximação (CCi) de cada uma as alternativas. A Tabela 8 apresenta um *ranking* das ações avaliadas. A ação A4 tem o maior desempenho global, o que significa que é a ação que mais se aproxima da solução ideal positiva. Isso se deve ao fato desta ação apresentar um desempenho muito acima da média em relação aos critérios “ROE”, “Margem de lucro líquida” e “ROA”. Deste modo, a ação que melhor atende aos critérios estabelecidos, de acordo com a opinião dos decisores é a A4. Caso se deseje escolher mais de uma, a ordem de prioridade para escolha seria A4> A1> A6> A9> A7> A5> A3> A2> A8> A10.

Tabela 8 - *Ranking* das ações avaliadas fornecido pelo *Fuzzy-TOPSIS*.

<b>I</b>	<b>CCi</b>	<b>Classificação</b>
A1	0,503	2°
A2	0,463	8°
A3	0,469	7°
A4	0,513	1°
A5	0,475	6°
A6	0,499	3°
A7	0,486	5°
A8	0,457	9°
A9	0,494	4°
A10	0,437	10°

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.2 Aplicação do Método *Fuzzy-QFD*

As Tabelas 9 e 10 descrevem as escalas linguísticas adotadas para avaliar o desempenho das Ações e o peso dos critérios, respectivamente, ambas foram desenvolvidas com base em Juan *et al.* (2009) e Lima Junior & Carpinetti (2016). A Figura 3 ilustra essas escalas.

Tabela 9 - Escala para o peso dos critérios no método *Fuzzy-QFD*.

<b>Variação Linguística</b>	<b>Acrônimo</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>U</b>
Muito Baixo	(MB)	1,00	1,00	2,00
Baixo	(B)	1,00	2,00	3,00
Médio	(M)	2,00	3,00	4,00
Alto	(A)	3,00	4,00	5,00
Muito Alto	(MA)	4,00	5,00	5,00

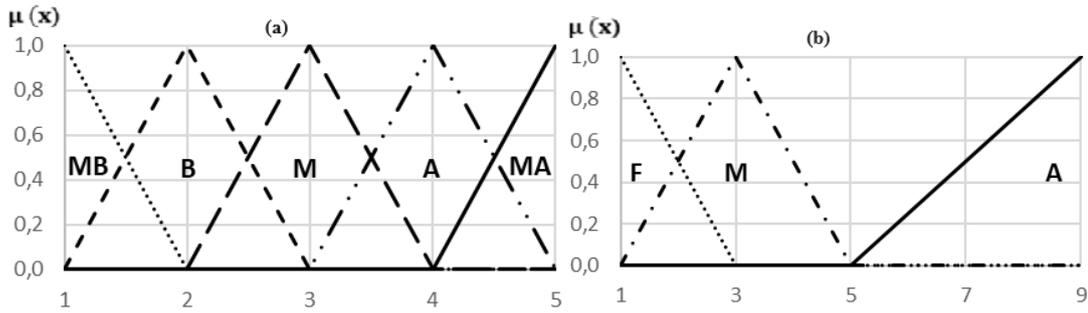
Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 10 - Escala da relação entre os critérios e o desempenho das ações no método *Fuzzy-QFD*.

<b>Variáveis Linguísticas</b>	<b>Acrônimo</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>U</b>
Sem Relação	(SR)	0	0	0
Fraca	(F)	1	1	3
Media	(M)	1	3	5
Alta	(A)	5	9	9

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 - Representação gráfica das escalas de avaliação dos critérios (a) e do desempenho das ações (b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

A matriz "what" apresentada na Tabela 11 ilustra os resultados da Etapa 2. Os resultados agregados ( $\tilde{X}_i$ ) foram obtidos pela Equação 16, a *desfuzzificação* ( $X_i$ ) foi efetivada pela Equação 17 e a normalização dos pesos dos critérios ( $W_i$ ) foi efetuada usando a Equação 18. Em seguida, foram avaliadas as pontuações das ações conforme a Tabela 12.

Tabela 11 - Avaliação dos pesos dos critérios no método *Fuzzy-QFD*

	DM1			DM2			Julgamentos agregados (média aritmética)			Peso absoluto (desfuzzificação)	Peso relativo (normalização)
	L	M	U	L	M	U	L	M	U		
C1	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,750	0,213
C2	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5,00	3,50	4,50	5,00	4,375	0,197
C3	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5,00	3,50	4,50	5,00	4,375	0,197
C4	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,750	0,213
C5	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	4,000	0,180

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 12 - Avaliação das alternativas no método *Fuzzy-QFD*

i	DM1										DM2									
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
C1	A	M	F	A	F	A	M	F	M	SR	A	M	M	A	M	A	A	F	M	SR
C2	A	M	F	A	F	F	F	F	A	SR	A	M	F	A	M	M	M	SR	A	SR
C3	A	M	F	A	F	A	M	F	M	SR	A	M	F	A	M	A	M	M	SR	F
C4	F	A	A	M	F	M	M	A	F	SR	A	M	M	A	A	A	A	A	F	SR
C5	M	M	A	M	A	M	A	F	M	SR	M	M	A	M	A	M	A	M	M	SR

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, a Tabela 13 apresenta um *ranking* com a classificação final das ações avaliadas pelos tomadores de decisão. A ação A4 apresentou o melhor desempenho global. Novamente se apresenta como a de maior potencial dentre o grupo, pois é a que melhor atende aos critérios estabelecidos, de acordo com a opinião dos decisores. O *ranking* final foi A4> A1> A6> A7> A5> A3> A2> A9> A8> A10.

Tabela 13 – Relação entre critérios e atributos, e ranking das ações avaliados no método *Fuzzy-QFD*.

	I1	I2	I3	I4	I5	Peso relativo (normalizado)			Peso	Peso relativo										
A1	5,0	9,0	9,0	5,0	9,0	9,0	5,0	9,0	3,0	5,0	6,0	1,0	3,0	5,0	3,8	7,0	7,6	6,4	0,157	
A2	1,0	3,0	5,0	1,0	3,0	5,0	1,0	3,0	5,0	3,0	6,0	7,0	1,0	3,0	5,0	1,4	3,6	5,4	3,5	0,087
A3	1,0	2,0	4,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0	3,0	6,0	7,0	5,0	9,0	9,0	2,1	3,7	5,1	3,6	0,090
A4	5,0	9,0	9,0	5,0	9,0	9,0	5,0	9,0	9,0	3,0	6,0	7,0	1,0	3,0	5,0	3,8	7,2	7,8	6,5	0,161
A5	1,0	2,0	4,0	1,0	2,0	4,0	1,0	2,0	4,0	3,0	5,0	6,0	5,0	9,0	9,0	2,1	3,9	5,3	3,8	0,094
A6	5,0	9,0	9,0	1,0	2,0	4,0	5,0	9,0	9,0	3,0	6,0	7,0	1,0	3,0	5,0	3,0	5,9	6,8	5,4	0,133
A7	3,0	6,0	7,0	1,0	2,0	4,0	1,0	3,0	5,0	3,0	6,0	7,0	5,0	9,0	9,0	2,5	5,1	6,3	4,8	0,118
A8	1,0	1,0	3,0	0,5	0,5	1,5	1,0	2,0	4,0	5,0	9,0	9,0	1,0	2,0	4,0	1,7	2,9	4,3	3,0	0,074
A9	1,0	3,0	5,0	5,0	9,0	9,0	0,5	1,5	2,5	1,0	1,0	3,0	1,0	3,0	5,0	1,6	3,4	4,8	3,3	0,083
A10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,004
Peso Fuzzy	0,213	0,197	0,197	0,213	0,180															

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao comparar os resultados dos métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS*, verificou-se algumas semelhanças significativas. Em termos de desempenho global, ambos os métodos indicaram que as ações A4, A1, e A6 são as mais promissoras. Isso sugere que essas ações possuem características que se destacam consistentemente entre os critérios analisados.

Da mesma forma, as ações A8 e A10 foram classificadas por ambos os métodos como as menos promissoras. Essa posição inferior provavelmente indica que ambas apresentam deficiências significativas nos critérios avaliados. A consistência dessa classificação negativa em ambos os métodos sugere que A8 e A10 não atende satisfatoriamente aos parâmetros de análise definidos, destacando suas limitações em relação às demais ações.

Embora haja consenso em relação às ações mais e menos promissoras, surgem divergências notáveis nos posicionamentos intermediários. Por exemplo, o *Fuzzy-TOPSIS* classifica A9 na quarta posição, enquanto no *Fuzzy-QFD*, ela ocupa o oitavo lugar. Essa discrepância pode ser explicada pela diferença na abordagem de cada método, pois as escalas de avaliação das alternativas são distintas entre si e os procedimentos de cálculo também,

Em contrapartida, A7 recebeu uma classificação melhor pelo *Fuzzy-QFD* do que pelo *Fuzzy-TOPSIS*. Esse resultado sugere que A9 é vista como mais próxima da solução ideal em termos de critérios quantitativos, como indicadores financeiros. Por outro lado, A7 parece possuir atributos qualitativos que são mais valorizados pelo *Fuzzy-QFD*, alinhando-se melhor com as expectativas e necessidades específicas do mercado.

Ambos os métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* oferecem vantagens distintas em comparação com métodos tradicionais e outras abordagens de análise multicritério. Eles suportam decisões em grupo, permitindo que múltiplos *stakeholders* contribuam com avaliações de maneira colaborativa. Além disso, esses métodos são flexíveis em relação à linguagem utilizada para descrever preferências e critérios, permitindo a incorporação de avaliações linguísticas que refletem melhor as nuances das decisões de investimento.

Ao contrário de métodos convencionais, como a análise de variância média ou métodos heurísticos simples, o *Fuzzy-QFD* e o *Fuzzy-TOPSIS* não limitam o número de critérios ou alternativas que podem ser consideradas. Além disso, esses métodos não exigem testes de consistência rígidos, como o método AHP, proporcionando uma implementação mais direta e adaptável em contextos onde os dados podem ser imprecisos ou incompletos.

## 6 CONCLUSÃO

Neste estudo, dois métodos distintos de tomada de decisão foram comparados: o *Fuzzy-QFD* e o *Fuzzy-TOPSIS*. Ambos os métodos proporcionam uma abordagem estruturada e criteriosa para apoiar a seleção de ações do setor petrolífero da [B]3 S.A, especificamente o de exploração, refino e distribuição de petróleo. Entretanto, possuem ênfases distintas, que resultam em diferentes percepções sobre a viabilidade das ações analisadas.

Os índices financeiros analisados, como ROE, Margem de Lucro Líquida, ROA, Dívida Líquida/Patrimônio e EV/EBITDA, são indicadores importantes que refletem a saúde financeira e a eficácia operacional das empresas. A escolha desses critérios transmite o que se espera das empresas avaliadas e influencia diretamente a qualidade das decisões de investimento.

Os resultados comparativos entre os métodos revelaram semelhanças significativas nas primeiras posições do *ranking*, com ambos os métodos identificando as ações A4, A1 e A6 como as mais promissoras. Isso sugere que essas ações possuem características robustas que se destacam consistentemente entre os critérios avaliados. Em contraste, as ações A8 e A10 foram consistentemente classificadas como as menos promissoras, indicando deficiências significativas nos critérios avaliados.

Em conclusão, a análise comparativa entre o *Fuzzy-QFD* e o *Fuzzy-TOPSIS* demonstra que, embora ambos os métodos possam fornecer resultados consistentes em alguns casos, suas abordagens distintas podem levar a diferenças claras em outros. Essa diversidade de resultados ressalta a importância de utilizar múltiplas perspectivas analíticas para obter uma visão completa e informada sobre o potencial das ações no setor de distribuição de petróleo.

É importante destacar que este estudo é exclusivamente de caráter comparativo e acadêmico. Ele foi realizado com o objetivo de ilustrar a eficácia e as diferenças entre essas metodologias de decisão multicritério na análise de investimentos. Vale ressaltar que as conclusões aqui apresentadas não devem ser interpretadas como recomendações de compra, venda ou manutenção de qualquer ativo financeiro. As informações contidas neste estudo são baseadas em dados e metodologias específicas, e não consideram fatores individuais de investidores, tais como objetivos pessoais, propensão ao risco ou situação financeira. Recomenda-se que qualquer decisão de investimento seja tomada com base em análises próprias e, se necessário, com o auxílio de um consultor financeiro qualificado. Portanto, os autores não se responsabilizam por quaisquer perdas ou danos decorrentes da utilização das informações contidas neste documento para fins de investimento.

Futuras pesquisas podem explorar outros métodos multicritério, como AHP, ANP e MOORA, para a seleção de ações e comparar seus resultados com os métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS*. Diversificar os métodos pode oferecer uma visão mais completa sobre a robustez das decisões de investimento. Recomenda-se também aplicar esses métodos a outros setores, como tecnologia, saúde e energia renovável, para testar sua eficácia em diferentes contextos e adaptar suas aplicações às especificidades de cada indústria. Outra área a ser explorada é a criação de modelos híbridos que combinam lógica *fuzzy* com outros métodos de decisão multicritério, melhorando a capacidade de lidar com a complexidade e incerteza dos mercados financeiros. Comparações entre diferentes técnicas, que incorporem critérios financeiros, operacionais e fatores externos como mudanças regulatórias, são igualmente importantes para oferecer uma análise mais abrangente.

Finalmente, aplicar essas metodologias a áreas de finanças corporativas, como avaliação de projetos, gestão de riscos financeiros e análise de fusões e aquisições, pode revelar novas oportunidades e fortalecer o uso dessas técnicas na formulação de estratégias financeiras eficazes. A exploração dessas áreas contribuirá para o avanço da literatura em gestão de investimentos e tomada de decisão multicritério, oferecendo uma base sólida para futuras pesquisas e práticas no campo da análise financeira e gestão de ativos.

Os resultados deste estudo e as discussões apresentadas contribuem para a literatura em gestão de investimentos, orientando pesquisadores e profissionais sobre o uso de métodos multicritério na seleção de ações no setor petrolífero. Além disso, destaca a importância de uma análise detalhada para a tomada de decisões financeiras, promovendo a otimização de carteiras de investimento em mercados voláteis e influenciados por diversos fatores externos.

## REFERÊNCIAS

ABDELAZIZ, F. B.; MALLEK, R. S. Multi-criteria optimal stopping methods applied to the portfolio optimisation problem. **Annals of Operations Research**, v. 267, p. 29-46, 2018.

AITHAL, P. S. et al. A Financial Performance Analysis of Indian Oil Exploration & Drilling Sector. *International Journal of Applied Engineering and Management Letters (IJAEML)*, v. 8, n. 1, p. 147-169, 2024.

ALALI, Fatih; TOLGA, A. Cagri. Portfolio allocation with the TODIM method. **Expert Systems with Applications**, v. 124, p. 341-348, 2019.

B3. Empresas listadas no setor de petróleo. Disponível em: [https://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm](https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm) Acesso em: 30 jun. 2024.

BAYDAŞ, Mahmut; ELMA, Orhan Emre; PAMUČAR, Dragan. Exploring the specific capacity of different multi criteria decision making approaches under uncertainty using data from financial markets. **Expert Systems with Applications**, v. 197, p. 116755, 2022.

BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. **Principles of Corporate Finance**. 14th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2023.

BRIGHAM, Eugene F; EHRHARDT, Michael C. **Financial management: Theory and practice**. 17. ed. Boston: Cengage Learning, 2023.

CHEN, Chen-Tung. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under *fuzzy* environment. **Fuzzy sets and systems**, v. 114, n. 1, p. 1-9, 2000.

FABOZZI, Frank J. *et al.* **Robust Portfolio Optimization and Management**. 2<sup>a</sup> ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2020.

FREJ, E. A; EKEL, P; DE ALMEIDA, A. T. A benefit-to-cost ratio based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. **Information Sciences**, v. 545, p. 487-498, 2021.

HABABOU, M; MARTEL, J. M. A multicriteria approach for selecting a portfolio manager. **Information Systems and Operational Research**, v. 36, n. 3, p. 161-176, 1998.

HAO, Zheng; ZHANG, Haowei; ZHANG, Yipu. Stock portfolio management by using *fuzzy* ensemble deep reinforcement learning algorithm. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 16, n. 3, p. 201, 2023.

HWANG, Ching-Lai; YOON, Kwangsun. **Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

JALOTA, Hemant et al. A novel approach to incorporate investor's preference in *fuzzy* multi-objective portfolio selection problem using credibility measure. **Expert Systems with Applications**, v. 212, p. 118583, 2023.

JANKOVÁ, Zuzana. Hybrid wavelet adaptive neuro-*fuzzy* tool supporting competitiveness and efficiency of predicting the stock markets of the Visegrad Four countries. **Journal of Competitiveness**, n. 1, 2023.

JIN, Guangying. Selection of virtual team members for smart port development projects through the application of the direct and indirect uncertain TOPSIS method. **Expert Systems with Applications**, v. 217, p. 119555, 2023.

JUAN, Yi-Kai et al. Housing refurbishment contractors selection based on a hybrid *fuzzy*-QFD approach. **Automation in Construction**, v. 18, n. 2, p. 139-144, 2009.

KAHNEMAN, Daniel; TVERSKY, Amos. Prospect theory: An analysis of decision under risk. **Econometrica** v. 47, n. 2, p. 263-291, 1979.

KUMAR, S; BARMAN, A. G.: *Fuzzy* TOPSIS and *fuzzy* VIKOR in selecting green suppliers for sponge iron and steel manufacturing. **Soft Computing**, v. 25, p. 6505-6525, 2021.

LAKSHMI, K. Vasantha; KUMARA, KN Udaya. A novel randomized weighted fuzzy AHP by using modified normalization with the TOPSIS for optimal stock portfolio selection model integrated with an effective sensitive analysis. **Expert Systems with Applications**, v. 243, p. 122770, 2024.

LIMA-JUNIOR, Francisco Rodrigues; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e *Fuzzy*-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, p. 17-34, 2015.

LIMA-JUNIOR, Francisco Rodrigues; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. A multicriteria approach based on *fuzzy* QFD for choosing criteria for supplier selection. **Computers & Industrial Engineering**, v. 101, p. 269-285, 2016.

LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. **The Review of Economics and Statistics**, v. 47, n. 1, p. 13-37, 1965.

MARKOWITZ, Harry. **Portfolio selection**. The Journal of Finance, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MOSSIN, Jan. Equilibrium in a capital asset market. **Econometrica: Journal of the econometric society**, p. 768-783, 1966.

NGUYEN, Phi Hung *et al.* Stock investment of agriculture companies in the Vietnam stock exchange market: An AHP integrated with GRA-TOPSIS-MOORA approaches. **Journal of Asian Finance, Economics and Business**, v. 7, n. 7, p. 113-121, 2020.

RAHIMINEZHAD GALANKASHI, M; MOKHATAB RAFIEI, F; GHEZELBASH, M. Portfolio selection: a *fuzzy*-ANP approach. **Financial Innovation**, v. 6, n. 1, p. 17, 2020.

REDA, Hiluf; DVIVEDI, Akshay. Decision-making on the selection of lean tools using *fuzzy* QFD and FMEA approach in the manufacturing industry. **Expert Systems with Applications**, v. 192, p. 116416, 2022.

SARITHA, T.; SHARMA, M. Raghavender. A review study on sequential essence using genetic algorithm and *fuzzy* logic approach in stock market based on neural network. **International journal of economic perspectives**, v. 17, n. 3, p. 264-273, 2023.

SHAFIEI-NIKABADI, M.; RAHMANIMANESH, M.; SHAMBAYATI, H. Mobile financial applications development using integrated approach of the netnography, *fuzzy* QFD and *fuzzy* flowsort. **International Journal of Business Information Systems**, n 4, p.493-513, 2022.

SHARPE, W. F. Mutual fund performance. **Journal of Business**,v. 39, n.1, p. 119–138, 1966.

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