

Análise Comparativa entre os Métodos Fuzzy-QFD e Fuzzy-TOPSIS na Avaliação de Ações do Setor Petrolífero da Bolsa de Valores do Brasil B3

Comparative Analysis between the Fuzzy-QFD and Fuzzy-TOPSIS Methods in the Valuation of Stocks in the Oil Sector of the Brazilian Stock Exchange B3

**Jorge Lucas Martins da Silva¹, Rodrigo Alves Silva² e
Francisco Rodrigues Lima Junior³**

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil, Mestrando em Administração,
e-mail: jlmartinsilva@usp.br, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5544-2470>

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil, Doutorado em Administração de Organizações,
e-mail: alvesr@professores.utfpr.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4539-2568>

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil, Doutorado em Engenharia de Produção,
e-mail: eng.franciscojunior@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7053-5519>

Recebido em: 14/01/2025 - Revisado em: 25/06/2025 - Aprovado em: 30/06/2025 - Disponível em: 30/06/2025

Resumo

A teoria de portfólio propõe a otimização da alocação de ativos para maximizar os retornos ou minimizar riscos, com base na abordagem de variância média. Baseado nessa proposição este estudo tem como objetivo comparar os métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* na seleção de ações do setor petrolífero da Bolsa de valores do Brasil, no segmento de exploração, refino e distribuição. A pesquisa analisou indicadores financeiros como ROE, margem de lucro líquido e EV/EBITDA e os submeteu ao julgamento de dois decisores. Os resultados demonstraram consistência nas primeiras posições do *ranking*, com ambos os métodos destacando as ações A4, A1 e A6 como as mais promissoras, enquanto A8 e A10 foram classificadas como menos promissoras. As diferenças observadas nas classificações refletem as abordagens distintas dos métodos. Conclui-se que os métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* são eficientes para decisões multicritério no setor financeiro, sendo capazes de integrar aspectos qualitativos advindos da percepção do decisor e quantitativos representados pelos indicadores da empresa. Contudo, a diversidade de resultados sugere que sua aplicação deve considerar o contexto e os objetivos específicos da análise. Este estudo é de caráter acadêmico e não constitui recomendação de investimento. Pesquisas futuras podem explorar outros métodos multicritério e sua aplicação em diferentes setores para ampliar o entendimento sobre a eficácia dessas abordagens.

Palavras-chave: Teoria de portfólio, *Fuzzy-QFD*, *Fuzzy-TOPSIS*, setor petrolífero, análise multicritério.

Abstract

Portfolio theory proposes optimizing asset allocation to maximize returns or minimize risks based on a mean-variance approach. Building on this proposition, this study aims to compare the Fuzzy-QFD and Fuzzy-TOPSIS methods for selecting stocks in the Brazilian stock market's oil sector, specifically in the exploration, refining, and distribution segments. The research analyzed financial indicators such as ROE, net profit margin, and EV/EBITDA, which were then submitted for judgment by two decision-makers. The results showed consistency in the top positions of the ranking, with both methods highlighting stocks A4, A1, and A6 as the most promising, while A8 and A10 were classified as the least promising. The observed differences in rankings reflect the distinct approaches of the methods. It is concluded that the Fuzzy-QFD and Fuzzy-TOPSIS methods are effective for multi-criteria decisions in the financial sector, capable of integrating both qualitative aspects from the decision-maker's perception and quantitative aspects represented by company indicators. However, the diversity of results suggests that their application should consider the specific context and objectives of the analysis. This study is academic in nature and does not constitute investment advice. Future research could explore other multi-criteria methods and their application in different sectors to broaden the understanding of these approaches' effectiveness.

Keywords: Portfolio theory, *Fuzzy-QFD*, *Fuzzy-TOPSIS*, *Oil sector*, Multi-criteria analysis.

1 INTRODUÇÃO

A teoria de portfólio propõe otimizar a alocação de ativos com o objetivo de maximizar o retorno para uma determinada faixa de risco ou minimizar o risco para uma dada faixa de retorno. Desenvolvida inicialmente por Markowitz (1952), essa teoria utiliza a variância como medida de risco e estabelece uma abordagem de média da variância para a seleção de ativos. Posteriormente,

foi expandida por Lintner (1965), Sharpe (1966) e Mossin (1966), consolidando o conceito de diversificação como uma estratégia para a gestão de portfólios. Recentemente, a teoria de portfólio tem sido revisitada e aprimorada para lidar com os desafios contemporâneos do mercado financeiro, incorporando aspectos como a teoria comportamental, ferramentas de inteligência artificial e gestão de risco sistêmico (Fabozzi *et al.*, 2020).

Uma das principais contribuições dessas novas perspectivas é o relaxamento da suposição clássica de racionalidade dos agentes. A teoria comportamental, fundamentada nos estudos de Kahneman e Tversky (1979), demonstrou que as decisões de investimento podem ser influenciadas por vieses cognitivos e emocionais, desafiando os pressupostos tradicionais, oferecendo novas perspectivas para compreender a dinâmica dos mercados financeiros e desenvolver estratégias de investimento melhor adaptadas ao comportamento humano.

A literatura contempla desde os modelos tradicionais, fundamentados na análise fundamentalista, até abordagens mais sofisticadas que incorporam técnicas de inteligência artificial e métodos multicritério (Fabozzi *et al.*, 2020; Baydaş; Elma; Pamučar, 2022). Nesse contexto, os métodos de tomada de decisão multicritério (*Multi-Criteria Decision Making* – MCDM) têm se destacado como ferramentas capazes de lidar com a complexidade inerente à seleção de investimentos (Nguyen *et al.*, 2020; Alali; Tolga, 2019). Tais técnicas integram diferentes perspectivas de avaliação e contribuem para a atualização e a otimização da composição dos portfólios. Entre essas abordagens, algumas técnicas se destacam por utilizar a lógica *Fuzzy*, Lakshmi e Kumara (2024) empregaram a técnica de Ordem de Preferência por Similaridade à Solução Ideal (TOPSIS) e o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) *Fuzzy* Ponderada Randomizada combinados para criar um modelo de seleção de ações dentro de um determinado portfólio.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo comparar os métodos *Fuzzy-QFD* (*Quality function deployment*) e *Fuzzy-TOPSIS* como ferramentas de apoio à tomada de decisão multicritério na seleção de ações do setor petrolífero listadas na B3 - Brasil, Bolsa e Balcão, com foco no segmento de Exploração, Refino e Distribuição. O problema de pesquisa surge da complexidade inerente à avaliação de companhias desse setor, caracterizado pela volatilidade dos preços do petróleo, exigências regulatórias ambientais, transição energética em direção a fontes mais limpas, além de fatores estratégicos como políticas de crescimento, riscos de agência e políticas de dividendos. Apesar de serem poucas, as empresas deste segmento representam uma parcela expressiva do valor de mercado da B3, o que reforça a relevância de identificar as ações mais promissoras otimizando a gestão de riscos.

A escolha pelos métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* deve-se à sua capacidade de lidar simultaneamente com critérios qualitativos e quantitativos, além de incorporar a percepção de especialistas no processo de avaliação. O *Fuzzy-QFD* possibilita mapear e priorizar os indicadores financeiros mais críticos ao desempenho das ações, de acordo com o julgamento dos decisores. Já o *Fuzzy-TOPSIS* permite comparar e classificar alternativas, buscando aquelas mais próximas da solução ideal. Ambos os métodos se destacam pela robustez em contextos de incerteza e ambiguidade, 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, semelhante à utilizada em estudos recentes (Rahiminezhad Galankashi *et al.*, 2020, Nguyen *et al.*, 2020; Baydaş; Elma; Pamučar, 2022). O delineamento metodológico contemplou as seguintes etapas: revisão bibliográfica, coleta de dados, desenvolvimento e implementação dos modelos propostos e, por fim, análise dos resultados.

No que se refere à revisão bibliográfica, buscou-se identificar os métodos de análise *Fuzzy* aplicados ao campo financeiro mais adequados para apoiar decisões de investimento em ações. Foram investigadas aplicações dos métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS*, suas vantagens em relação a técnicas tradicionais e suas contribuições no contexto de decisões multicritério. As buscas foram realizadas em bases como *Science Direct* e *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), sendo excluída a Refinaria de Petróleo Riograndense S.A (RPRG13) por ausência de dados públicos. As informações coletadas permitiram o cálculo de indicadores da empresa como o Retorno sobre o Patrimônio Líquido (*Return on equity* - ROE) e a margem de lucro líquida. O recorte temporal compreende um ano, comparando o primeiro trimestre de 2023 com o primeiro trimestre de 2024.

As informações foram submetidas à avaliação de dois especialistas em finanças, que participaram da definição dos critérios e da análise

das relações entre eles, considerando os dados das ações selecionadas. A implementação computacional seguiu os procedimentos de Chen (2000) para o *Fuzzy-TOPSIS* e Juan *et al.* (2009) para o *Fuzzy-QFD*, melhor detalhadas no referencial teórico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O problema de seleção de ações

A seleção de ações é importante pois decisões estratégicas nesse processo afetam diretamente o desempenho 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 (Fabozzi *et al.*, 2020). 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 permitem aos investidores manter uma posição competitiva, gerar valor no longo prazo e garantir uma estratégia de investimento eficiente 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 complexidade desse processo decorre da necessidade de considerar múltiplos critérios financeiros e operacionais ao avaliar o desempenho e a saúde econômica das empresas. Entre os indicadores mais relevantes, Brealey, Myers e Allen (2023) e Baydaş, Elma e Pamučar (2022) destacam o ROA e o 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 às grandes despesas de capital investido. Nesse contexto, Aithal *et al.* (2024) destacam a relevância de diversos indicadores financeiros na análise de desempenho empresarial. Entre esses, a Margem EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization*) e a Margem EBIT (*Earnings Before Interest and taxes*) são

úteis para avaliar a eficiência operacional das empresas, uma vez que excluem os efeitos de despesas financeiras e não operacionais.

Segundo os autores, também devem ser considerados indicadores como a Margem de Lucro Líquido (*Net Profit Margin*) e a relação Dívida Total/Patrimônio (*Total Debt/Equity*), sobretudo em análises externas para empresas desse perfil. 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*) e o EBITDA (*EV/EBITDA*) (Aithal *et al.*, 2024).

A multiplicidade de métricas disponíveis torna complexo o processo de seleção de ações, uma vez que diferentes indicadores podem levar a interpretações distintas sobre o desempenho e a atratividade das empresas. Assim, torna-se interessante recorrer a métodos de apoio à decisão que integram múltiplos critérios de forma sistemática, reduzindo a subjetividade das análises e gerando maior consistência ao processo de escolha de investimentos.

3.2 Aplicação de métodos multicritério na 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 e 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.

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

Fonte: Elaborado pelos autores.

Alali e Tolga (2019) aplicaram o método TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) na alocação de portfólios, analisando as preferências dos investidores quanto ao risco e ao retorno. Nguyen *et al.* (2020) integraram metodologias como a AHP, 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 incompletos, maximizando os benefícios dos investimentos, mesmo com lacunas 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* na gestão de portfólios de ações, para lidar com a incerteza e a dinâmica do mercado financeiro. 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.

Saritha e 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.

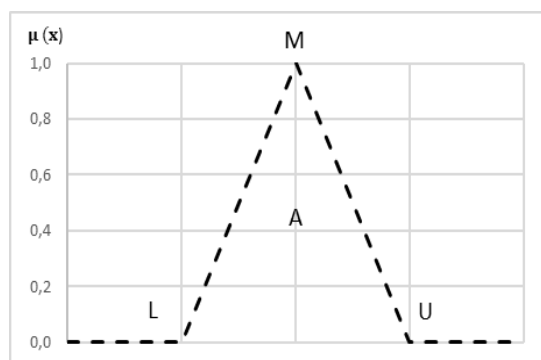
A partir dos estudos listados, nota-se que as técnicas baseadas em conjuntos *Fuzzy* apresentam alta aplicabilidade na área de gestão de investimentos, devido à sua capacidade de lidar com decisões sob incerteza. Dessa forma, a utilização de abordagens *Fuzzy* contribui para análises mais realistas e fundamentadas, auxiliando investidores e gestores a tomar decisões mais consistentes diante da complexidade dos mercados financeiros.

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.

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

Fonte: Lima Junior e Carpinetti (2016)

Essa representação é amplamente utilizada em aplicações práticas por sua simplicidade e eficiência no tratamento de informações vagas, permitindo a modelagem de preferências e julgamentos subjetivos de forma mais próxima à realidade.

3.4 Método FUZZY-TOPSIS

O método TOPSIS, um subgrupo de métodos MCDM, foi desenvolvido por Hwang e Yoon (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). Posteriormente, os passos a seguir são aplicados para obtenção da solução do problema (Lima Junior; Carpinetti, 2015).

Etapas: 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 .

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

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

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.

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

$$D = A_l : A_i : A_n \begin{bmatrix} D_{l1} & D_{l2} & \dots & D_{lj} & \dots & D_{lm} & :: & & : & D_{i1} & D_{i2} & \dots & D_{ij} & \dots & D_{im} & : \\ : & : & & D_{n1} & D_{n2} & \dots & D_{nj} & \dots & D_{nm} & \end{bmatrix} \quad (4)$$

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.

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

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

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

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.

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

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

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 $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$.

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

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

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.

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

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

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

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, e 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 e 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:

Etapas 1: identificam-se os requisitos a serem avaliados, os quais geralmente representam necessidades dos stakeholders,

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

Etapas 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.

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

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

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

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

Etapas 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.

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

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

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

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

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

Etapa 7: 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 B3 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	Petroreconcavo S. A	RECV3
A10	Refinaria de Petróleos Manguinhos S. A	RPMG3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para selecionar a melhor alternativa, dez ações foram avaliadas com a ajuda de dois especialistas em finanças, que também atribuíram pesos aos critérios. Os critérios avaliados foram selecionados pelos decisores conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios de Análise

Critério	Definição	Fonte
ROE (C1)	O ROE avalia a rentabilidade dos recursos próprios investidos na empresa, demonstrando como a gestão utiliza esses recursos para gerar lucros.	Fabozzi et al., 2020
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.	B r e a l e y , Myers, e Allen, 2022
ROA (C3)	O 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 ativos em resultados financeiros.	B r e a l e y , Myers, e 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	B r e a l e y , Myers, e Allen, 2022
Múltiplo EV/EBITDA (C5)	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 et al., 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 e 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 ambas as escalas linguísticas.

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

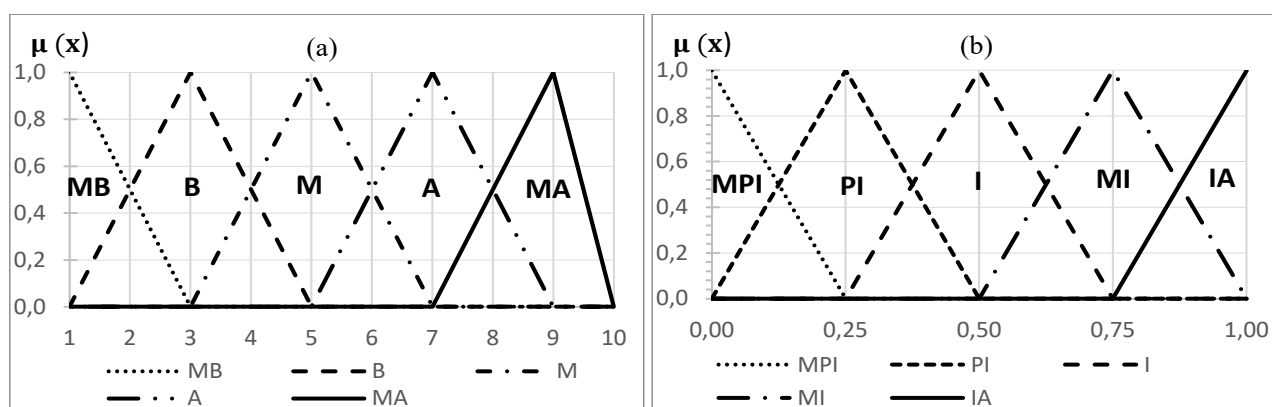
Variáveis Linguísticas	Acrônimo	L	M	U
Muito Baixo	(MB)	1,00	1,00	3,00
Baixo	(B)	1,00	3,00	5,00
Médio	(M)	3,00	5,00	7,00
Alto	(A)	5,00	7,00	9,00
Muito alto	(MA)	7,00	9,00	10,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

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

V a r i á v e i s 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 _i	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	1	0	0	0	1	1	1
SIN	0	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.

	C1	C2	C3	C4	C5	D-
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.

I	CCi	Classificação
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 e Carpinetti (2016). A Figura 3 ilustra essas escalas.

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

Variação Linguística	Acrônimo	L	M	U
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

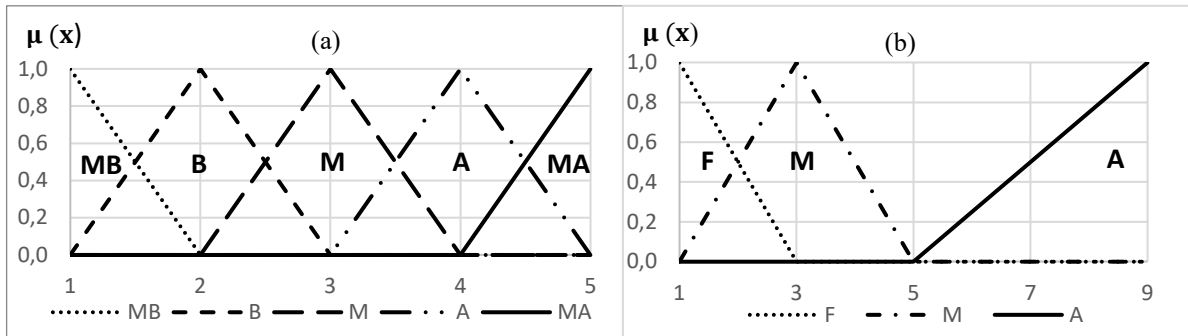
Fonte: Elaborado pelos autores

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

V a r i á v e i s				
Linguísticas	Acrônimo	L	M	U
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 (<i>desfuzzificação</i>)	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 pois foi a que melhor atendeu 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
																			o	o
A1	5,0	9,0	9,0	5,0	9,0	9,0	5,0	9,0	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*, observaram-se semelhanças significativas. Em termos de desempenho global, ambos os métodos indicaram que as ações A4, A1, e A6 são as mais promissoras o que sugere que essas ações possuem características que se destacam consistentemente entre os critérios avaliados.

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 atendem 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 pelas diferenças nas abordagens de cada método, pois as escalas de avaliação das alternativas são distintas entre si.

Em contrapartida, A7 recebeu uma classificação melhor pelo *Fuzzy-QFD* do que pelo *Fuzzy-TOPSIS*. Tal resultado sugere que, enquanto o *Fuzzy-TOPSIS* privilegia critérios predominantemente quantitativos como indicadores financeiros, o *Fuzzy-QFD* valoriza atributos qualitativos mais alinhados às expectativas e preferências dos decisores.

Tanto o *Fuzzy-QFD* quanto o *Fuzzy-TOPSIS* apresentam vantagens em relação a métodos tradicionais e a outras abordagens multicritério. Entre os diferenciais destacam-se a possibilidade de suportar decisões em grupo, permitindo a incorporação de múltiplas perspectivas, e a flexibilidade na utilização de linguagem linguística para descrever preferências e critérios, o que reflete com maior precisão as nuances do processo decisório.

Além disso, diferentemente de técnicas convencionais, como a análise de variância média ou métodos heurísticos simples, esses modelos não limitam o número de critérios ou alternativas considerados, também dispensam a necessidade de testes de consistência rígidos, exigidos em métodos como o AHP, favorecendo uma aplicação mais direta e adaptável em cenários de dados incertos ou incompletos.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo, compararam-se dois métodos distintos de tomada de decisão multicritério: *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS*. Foram considerados índices financeiros como ROE, Margem de Lucro Líquida, ROA, Dívida Líquida/Patrimônio e EV/EBITDA, indicadores que refletem a saúde financeira e a eficácia operacional das empresas. Os resultados revelaram consistência nas primeiras posições do ranking, com ambos os métodos apontando A4, A1 e A6 como as ações mais promissoras, sugerindo que essas companhias apresentam características favoráveis de forma consistente. Por outro lado, A8 e A10 foram classificadas como as menos

promissoras, apresentando deficiências significativas em relação aos critérios avaliados.

A análise comparativa demonstra que, embora ambos os métodos possam gerar resultados consistentes em algumas situações, suas abordagens distintas podem produzir diferenças relevantes em outros casos. Essa diversidade de resultados ressalta a importância de utilizar múltiplas perspectivas analíticas para obter uma visão abrangente e informada sobre o potencial das ações. Ressalta-se que o estudo possui caráter acadêmico e não deve ser interpretado como recomendação de compra, venda ou manutenção de qualquer ativo financeiro. As conclusões são baseadas em dados e metodologias específicas, não considerando fatores individuais de investidores, como objetivos pessoais, tolerância ao risco ou situação financeira, eximindo os autores de quaisquer responsabilidades por perdas decorrentes do uso das informações aqui apresentadas.

Pesquisas futuras podem explorar outros métodos multicritério, como AHP, ANP e MOORA, e comparar seus resultados com os obtidos pelo *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS*. Recomenda-se também aplicar essas metodologias a diferentes setores, como tecnologia, saúde e energia renovável, a fim de avaliar sua eficácia em contextos diversos e adaptá-las às características específicas de cada indústria. Outra linha promissora envolve o desenvolvimento de modelos híbridos, combinando lógica *Fuzzy* com outros métodos multicritério, aprimorando a capacidade de lidar com a complexidade e a incerteza do mercado financeiro.

A exploração dessas áreas contribuirá para o avanço da literatura em gestão de investimentos e tomada de decisão multicritério, oferecendo suporte para futuras pesquisas e práticas na análise financeira e gestão de ativos. Os resultados deste estudo reforçam a relevância do uso de métodos multicritério na seleção de ações e destacam a importância de análises detalhadas para a tomada de decisões financeiras, promovendo a otimização de carteiras em mercados voláteis e influenciados por múltiplos 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 e Drilling Sector. **International Journal of Applied Engineering and Management Letters (IJAEML)**, v. 8, n. 1, p. 147-169, 2024.

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

B3 BRASIL, BOLSA, BALCÃO. **Empresas listadas no setor de petróleo.** Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm Acesso em: 30 jun. 2024.

BAYDAŞ, M.; ELMA, O. E.; PAMUČAR, D. 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, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Principles of Corporate Finance.** 14th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2023.

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

FABOZZI, F. J. *et al.* **Robust Portfolio Optimization and Management.** 2^a ed. Hoboken, NJ: John Wiley e 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, Z.; ZHANG, H.; ZHANG, Y. 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, C.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

JALOTA, H. *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, Z. 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, G. 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, Y. *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, D.; TVERSKY, A. 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.; KUMARA, K. 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, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e *Fuzzy*-TOPSIS no apoio à tomada de decisão

multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão e Produção**, v. 22, n. 1, p. 17-34, 2015.

LIMA-JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A multicriteria approach based on *fuzzy* QFD for choosing criteria for supplier selection. **Computers e 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, H. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

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

NGUYEN, P. H. *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, H.; DVIVEDI, A. 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. R. 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, L. A. *Fuzzy* sets. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.