



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Ordenação de ativos financeiros do mercado bancário brasileiro listados na B3 a partir do método multicritério PSI-SPOTIS

Marcus Vinicius Gonçalves Rodrigues

Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense (UFF)
marcusviniciusrodrigues@id.uff.br

Carlos Francisco Simões Gomes

Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense (UFF)
cfsg1@bol.com.br

Marcos dos Santos

Engenharia de Produção – Instituto Militar de Engenharia (IME)
marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Resumo: O mercado acionário brasileiro é um dos mais ativos da América Latina, com um volume diário de negociações que ultrapassa os R\$ 100 bilhões. As ações são um tipo de investimento que podem gerar ganhos de capital, com a valorização dos preços das ações, ou de renda, com a distribuição de dividendos pelas empresas aos seus acionistas. Representa uma opção interessante para investidores que buscam diversificar seus investimentos e obter retornos maiores do que os oferecidos por investimentos de renda fixa. No entanto, é importante ressaltar que, como todo tipo de investimento, existem riscos associados e os investidores devem estar preparados para possíveis perdas. Nesse contexto, de forma a minimizar esses riscos tomando decisões baseadas nos indicadores fundamentalistas de ativos, propomos – via aplicação com dados reais, ordenando os principais ativos do mercado bancário listados na B3 – a utilização do método híbrido de auxílio multicritério à decisão PSI-SPOTIS. Dentre as alternativas avaliadas, o Banco do Brasil apresentou a melhor performance, nos critérios escolhidos enquanto o BTG Pactual ficou em último lugar.

Palavras-chave: Mercado Financeiro, PSI, SPOTIS, Multicritério, Pesquisa Operacional.

Ordering of financial assets of the Brazilian stock market listed on B3 using the PSI-SPOTIS multicriteria method

Abstract: The Brazilian stock market is one of the most active in Latin America, with a daily trading volume that exceeds R\$ 100 billion. Stocks are a type of investment that can generate capital gains, with the appreciation of stock prices, or income, with the distribution of dividends by companies to their shareholders. It represents an interesting option for investors looking to diversify their investments and obtain higher returns than those offered by fixed income investments. However, it is important to note that, like any type of investment, there are associated risks, and investors should be prepared for potential losses. In this context, in order to minimize these risks by making decisions based on fundamental asset indicators, we propose – via application with real data, ordering the

main assets of the banking market listed on B3 – the use of the hybrid method of multicriteria support to the PSI-SPOTIS decision. Among the alternatives evaluated, Banco do Brasil had the best performance in the chosen criteria, while BTG Pactual was in last place.

Keywords: Financial Market, PSI, SPOTIS, Multicriteria, Operational Research.

1. Introdução

O mercado financeiro de ações no Brasil é um dos mais importantes da América Latina, com um volume de negociação diário que supera os R\$ 100 bilhões. O mercado é regulado pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), que tem como objetivo proteger os investidores e garantir a transparência das operações. O mercado de ações brasileiro é dividido em dois segmentos: primário e secundário. No mercado primário, as empresas emitem ações para levantar recursos para novos investimentos ou expansão dos negócios. No mercado secundário, as ações já emitidas são negociadas entre investidores (Rocha Filho e Rocha, 2020).

As ações são uma forma de investimento que oferece a possibilidade de obter ganhos de capital, por meio da valorização das ações, e de receber dividendos, que são parte dos lucros das empresas distribuídos aos acionistas. O mercado de ações brasileiro é uma opção interessante para investidores que buscam diversificar sua carteira de investimentos e obter ganhos potenciais maiores do que os oferecidos por investimentos em renda fixa. No entanto, é importante lembrar que o mercado de ações é um investimento de risco e que os investidores devem estar preparados para possíveis perdas (Nyasha e Odhiambo, 2020).

A seguir, são apresentados alguns dos principais fatores que influenciam o mercado de ações brasileiro:

- Cenário econômico: O desempenho da economia brasileira tem um impacto significativo no mercado de ações. Quando a economia cresce, as empresas tendem a performar melhor, o que pode levar a uma valorização das ações.
- Políticas governamentais: As políticas governamentais, como as taxas de juros e a inflação, também podem influenciar o mercado de ações.
- Notícias relevantes: Notícias positivas sobre uma empresa ou sobre o setor em que ela atua podem levar a uma valorização das ações da empresa. Já notícias negativas podem levar a uma desvalorização.

Para investir no mercado de ações brasileiro, os investidores precisam abrir uma conta em uma corretora de valores. As corretoras são responsáveis por intermediar as negociações entre os investidores. Antes de investir em ações, é importante que os investidores façam uma pesquisa sobre as empresas em que desejam investir. É importante também entender os riscos envolvidos no investimento em ações.

Existem diversos tipos de investimentos no mercado, dos mais conservadores aos mais agressivos (menor exposição risco e menor perspectiva de retorno versus maior exposição risco e expectativa de retornos mais promissores, respectivamente). Segundo Costa *et al.* (2020), a grande maioria dos brasileiros que investem ainda são considerados conservadores e moderados (com a maior parte dos recursos aportados em renda fixa e na caderneta de poupança). Contudo, não podemos desconsiderar, como destacado no estudo de Rotela Junior *et al.* (2014), que devido as taxas de retorno não atrativas dos investimentos em renda fixa e da caderneta de poupança (muitas das vezes menor que a correção da inflação), o número crescente de brasileiros investindo em outros mercados, como na bolsa de valores (renda variável).

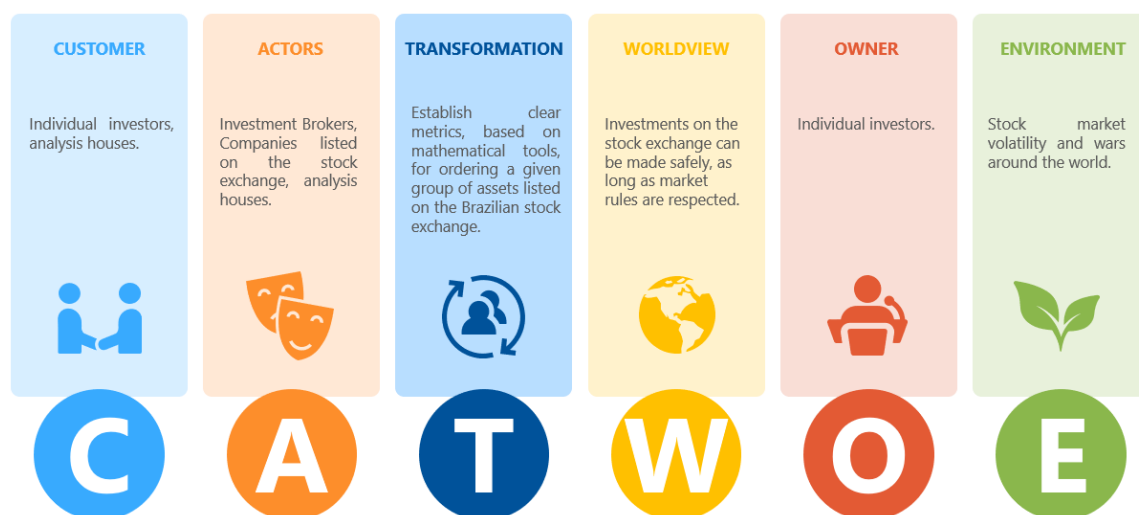
2. Descrição do Problema

O mercado acionário está em evidência no Brasil e há cada vez mais investidores brasileiros interessados nele. De acordo com Rocha Filho e Rocha (2020), o número de investidores cadastrados na bolsa de valores brasileira aumentou em 92,1% e a própria crise financeira atravessada pelo país pode ter funcionado como um impulsionador desse mercado. Os autores destacam ainda que apesar desse aumento significativo, o percentual da população brasileira que investe em renda variável ainda está muito aquém de outras populações residentes em países economicamente mais robustos que o Brasil.

Nyasha e Odhiambo (2020) fizeram uma análise, com dados de 1980 a 2016, dos potenciais fatores que vem impactando o desenvolvimento da bolsa brasileira. Os autores destacaram que a abertura comercial, o desenvolvimento do setor bancário e a taxa de câmbio atrativa impulsionam o mercado acionário (curto e longo prazo). Em contrapartida, surpreendentemente, a liquidez do mercado de ações parece ter um impacto negativo no que diz respeito a atratividade de novos investidores. Rocha Filho e Rocha (2020), evidenciam a ineficiência da bolsa brasileira mesmo quando comparada a outras economias emergentes.

De forma geral, para investir em ativos listados na bolsa de valores brasileira (B3), os investidores devem abrir uma conta em alguma instituição financeira (banco ou corretora) que intermedeie esses aportes. Existem diversas operações que podem ser realizadas na bolsa, as três mais comuns são: *buy and hold* (são operações de longo prazo que objetivam lucro com a valorização do ativo ao longo dos anos e com o recebimento de dividendos, se aplicável), *swing trade* (são operações de curto prazo, determinado pelo investidor, que objetivam o lucro com a variação de um ativo) e *day trade* (são operações que se iniciam e encerram no mesmo dia e têm como objetivo principal o lucro com as oscilações diárias de um ativo). Vale ressaltar que, de forma geral, os investimentos não precisam ficar “engessados” em um mercado, podendo o investidor diversificar seu portfólio gerenciando seus riscos. De forma a melhor entender o contexto do problema, na figura 1 encontra-se a matriz CATWOE (*Customer, Actor, Transformation, Worldview, Owner e Environment*):

Figura 1 – CATWOE



Costa *et al.* (2020) e Nyasha e Odhiambo (2020), destacam que a pesquisa operacional tem se mostrado aplicável no mercado financeiro e pode servir como uma ferramenta a mais nas tomadas de decisão nesse mercado.

O mercado de ações é um ambiente complexo e volátil, o que pode representar desafios para os investidores. Alguns desses desafios incluem:

- Volatilidade: O preço das ações pode flutuar significativamente, o que pode gerar incerteza e perdas financeiras.
- Risco: O investimento em ações envolve riscos, como o risco de perda total do capital investido.
- Desconhecimento: Muitos investidores não têm o conhecimento necessário para tomar decisões de investimento acertadas.

Diante desses desafios, é fundamental que os investidores tenham uma estratégia bem definida para seus investimentos. Uma estratégia de investimento é um plano que orienta as decisões do investidor, levando em consideração seus objetivos, perfil de risco e horizonte de tempo. A importância de uma estratégia para investimento em ações na bolsa de valores pode ser resumida em três pontos principais:

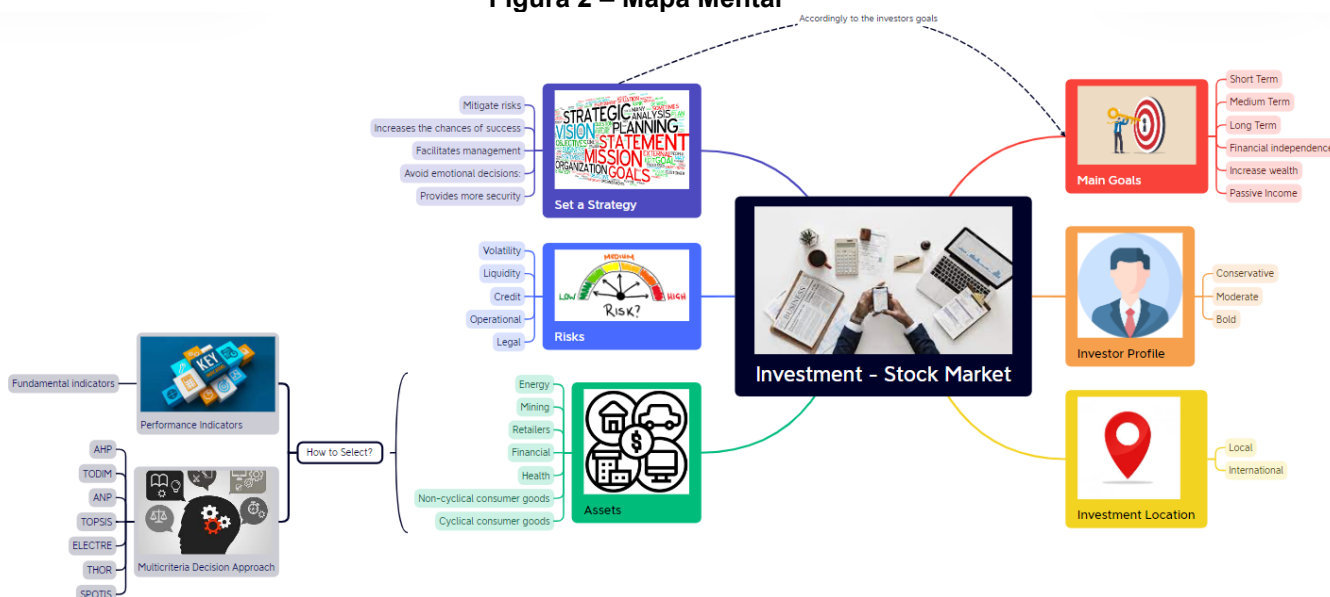
- Ajuda a reduzir riscos: Uma estratégia bem definida ajuda o investidor a identificar os ativos que são mais adequados para seu perfil de risco. Isso pode ajudar a reduzir a probabilidade de perdas financeiras.
- Facilita a tomada de decisões: Uma estratégia fornece um roteiro para o investidor, o que pode facilitar a tomada de decisões em um ambiente complexo e volátil.
- Aumenta as chances de sucesso: Uma estratégia bem definida aumenta as chances de o investidor atingir seus objetivos financeiros.

Para elaborar uma estratégia de investimento, é importante considerar os seguintes fatores:

- Objetivos: Quais são os objetivos do investidor? Ele deseja alcançar a independência financeira, aumentar seu patrimônio ou simplesmente obter renda passiva?
- Perfil de risco: Qual é o nível de risco que o investidor está disposto a assumir?
- Horizonte de tempo: Qual é o prazo que o investidor tem para alcançar seus objetivos?

Após considerar esses fatores, o investidor pode começar a identificar os ativos que são mais adequados para sua estratégia. Existem diversas estratégias de investimento disponíveis, como o *value investing*, o *growth investing* e o *momentum investing*. É importante lembrar que uma estratégia de investimento não é uma garantia de sucesso. No entanto, ela é uma ferramenta essencial para os investidores que desejam aumentar suas chances de alcançar seus objetivos financeiros. De forma a facilitar a compreensão do problema em estudo, de forma lógica e associativa, foi desenvolvido um mapa mental para ilustração do exposto:

Figura 2 – Mapa Mental



Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é ordenar, via método multicritério PSI-SPOTIS, os ativos do mercado financeiro listados na B3 levando em consideração suas respectivas performances nos seguintes critérios (indicadores fundamentalistas): ROE; P/L (Preço / Lucro); P/VPA (Preço atual da Ação e o Valor Patrimonial por Ação); PSR (*Price to Sales Ratio* ou Índice de Preço sobre as Vendas); EBITDA (*Earning Before Interests, Taxes, Depreciation and Amortization*); DY (*Dividend Yield*); DP (*Dividend Payout*). Faremos o uso de uma aplicação híbrida de dois métodos multicritério de auxílio à decisão (AMD) da literatura: os pesos dos critérios serão gerados pelo *preference selection index* (PSI) enquanto que as alternativas serão ranqueadas via *stable preference ordering towards ideal solution* (SPOTIS).

3. Fundamentação Teórica

A tomada de decisão é uma tarefa inerente ao ser humano, que deve ser realizada em diversos contextos, sejam eles pessoais, profissionais ou sociais. Na maioria das vezes, as decisões envolvem a consideração de diversos critérios, o que torna o processo mais complexo e desafiador (Paradowski e Salabun, 2021).

A modelagem multicritério é uma abordagem matemática que visa auxiliar o decisor na tomada de decisões em situações em que há múltiplos critérios a serem considerados. Essa abordagem permite estruturar o problema de decisão de forma clara e objetiva, facilitando a identificação dos critérios relevantes e a avaliação das alternativas disponíveis (Odu, 2019). A importância da modelagem multicritério à decisão pode ser resumida nos seguintes pontos:

- Objetividade: a modelagem multicritério fornece um processo sistemático e objetivo para a tomada de decisão, o que reduz a subjetividade e a influência de fatores emocionais.
- Transparência: a modelagem multicritério permite que o decisor explicita suas preferências e as razões pelas quais tomou determinada decisão, o que torna o processo mais transparente e compreensível.
- Acuracidade: a modelagem multicritério permite que o decisor avalie as alternativas de forma mais precisa, levando em consideração todos os critérios relevantes.

A modelagem multicritério é uma ferramenta poderosa que pode ser aplicada em uma ampla variedade de contextos, como:

- Negócios: a modelagem multicritério pode ser utilizada para auxiliar na tomada de decisões estratégicas, como a escolha de novos produtos ou serviços, a localização de novas plantas ou a seleção de fornecedores.
- Administração pública: a modelagem multicritério pode ser utilizada para auxiliar na tomada de decisões de políticas públicas, como a alocação de recursos, a priorização de projetos ou a escolha de estratégias de desenvolvimento.
- Sociedade: a modelagem multicritério pode ser utilizada para auxiliar na tomada de decisões coletivas, como a escolha de projetos de infraestrutura, a avaliação de políticas públicas ou a resolução de conflitos.

De acordo com Wieckowski *et al.* (2022) modelagem multicritério é uma ferramenta que pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade da tomada de decisão em diversos contextos.

3.1. Método Preference selection index (PSI)

O método *Preference selection index* (PSI) foi desenvolvido por Maniya e Bhatt em 2009, como uma alternativa aos métodos tradicionais de tomada de decisão multicritério (AMD). O AMD é usado para resolver problemas em que existem vários critérios a serem

considerados, cada um com seu próprio peso ou importância. No entanto, em muitos casos, pode ser difícil ou impossível definir os pesos dos critérios com precisão.

O método PSI é uma abordagem alternativa que não requer a definição de pesos para os critérios. Em vez disso, o método calcula um valor de preferência para cada critério, que é então usado para calcular um índice de preferência para cada alternativa. A alternativa com o maior índice de preferência é então selecionada como a melhor (Maniya e Bhatt, 2009).

O método PSI tem sido aplicado a uma variedade de problemas MCDA, incluindo a seleção de materiais, a escolha de fornecedores e a seleção de investimentos. Os resultados desses estudos mostram que o método PSI é uma ferramenta eficaz para tomada de decisão multicritério, especialmente em casos em que é difícil ou impossível definir os pesos dos critérios.

O método PSI foi desenvolvido por Maniya e Bhatt em 2009, no artigo "*A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method*". Os autores propuseram o método como uma alternativa aos métodos tradicionais de MCDA, que requerem a definição de pesos para os critérios. O método PSI é baseado na seguinte ideia: se um critério é mais importante do que outro, então as alternativas com desempenho superior no critério mais importante devem ser preferidas às alternativas com desempenho superior no critério menos importante.

O método PSI calcula um valor de preferência para cada critério, que é então usado para calcular um índice de preferência para cada alternativa. O valor de preferência de um critério é calculado como a diferença entre a média dos desempenhos das alternativas no critério e o desempenho médio das alternativas em todos os critérios. O índice de preferência de uma alternativa é calculado como a soma dos valores de preferência dos critérios nos quais a alternativa tem desempenho superior. A alternativa com o maior índice de preferência é então selecionada como a melhor. O passo a passo da aplicação do método consiste em:

1. Construção da matriz de decisão:

Figura 3 – Matriz de decisão

Alternatives (A _i)	Criteria (C _j)			
	C1	C2		Cm
A ₁	x ₁₁	x ₁₂		x _{1n}
A ₂	x ₂₁	x ₂₂		x _{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A _n	x _{m1}	x _{m2}		x _{mn}

Fonte: Adaptado de Maniya e Bhatt (2009)

2. Normalização da matriz de decisão com base nas seguintes fórmulas(1)(2)(3):

- a. Para critérios monotônicos de lucro:

$$r_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}}, i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ e } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

- b. Para critérios monotônicos de custo:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ e } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Após a aplicação das fórmulas, a matriz normalizada ficará da seguinte forma:

$$R \left(\frac{\text{alternativa}}{\text{critério}} \right) = [r_{ij}]_{m \times n} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

3. Cálculo da variação quadrática de preferências (4)(5):

$$PV_j = \sum_{i=1}^n [R_{ij} - \bar{R}_j]^2 \quad (4), \text{ onde}$$

$$R \text{ é a média do valor normalizado do atributo } j \text{ e } \bar{R}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ij} \quad (5)$$

4. Cálculo do desvio das preferências (6):

$$\Phi_j = 1 - PV_j \quad (6)$$

5. Cálculo da preferência geral (7):

$$\psi_j = \frac{\Phi_j}{\sum_{j=1}^m \Phi_j} \quad (7)$$

6. Cálculo do índice de preferência (8):

$$I_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} \times \psi_j \quad (8)$$

O método PSI tem sido aplicado a uma variedade de problemas AMD, incluindo: seleção de materiais, escolha de fornecedores, seleção de investimentos, previsão de vendas, planejamento de produção, dentre outros. Os resultados desses estudos mostram que o método PSI é uma ferramenta eficaz para tomada de decisão multicritério, especialmente em casos em que é difícil ou impossível definir os pesos dos critérios.

O método PSI apresenta uma série de vantagens em relação aos métodos tradicionais de AMD, tais como: (i) não requer a definição de pesos para os critérios, o que pode ser difícil ou impossível em muitos casos; (ii) é relativamente simples de implementar e entender; (iii) é robusto a dados imprecisos. No entanto, o método PSI também apresenta algumas desvantagens, como: (i) pode ser menos preciso do que os métodos tradicionais de MCDA que usam pesos para os critérios; (ii) pode ser menos flexível do que os métodos tradicionais de MCDA, que permitem que o usuário defina os pesos dos critérios de acordo com suas preferências (Maniya e Bhatt, 2009).

3.2. Método *Stable preference ordering towards ideal solution* (SPOTIS)

O método multicritério *stable preference ordering towards ideal solution* (SPOTIS) foi desenvolvido por Dezert *et al.* (2020). O método é baseado na ideia de construir uma

ordenação de preferências estáveis entre as alternativas de um problema multicritério, de modo a que as preferências do decisor sejam refletidas de forma consistente.

O SPOTIS é um método iterativo que começa com uma ordenação inicial das alternativas. Em cada iteração, o método calcula a distância entre cada alternativa e a solução ideal, e então atualiza a ordenação de preferências de modo a refletir essa distância. O processo é repetido até que a ordenação de preferências seja estável, ou seja, até que não haja mais alterações Dezert *et al.* (2020). O SPOTIS tem sido aplicado a uma variedade de problemas multicritério, incluindo, mas não limitando-se a: seleção de fornecedores, alocação de recursos, priorização de projetos e escolha de produtos. O método tem sido bem recebido pela comunidade de pesquisa, e tem sido demonstrado que é capaz de gerar ordenações de preferências estáveis e consistentes com as preferências do decisor.

O desenvolvimento do SPOTIS começou em 2018, quando os autores começaram a trabalhar em um projeto para desenvolver um método multicritério que fosse capaz de gerar ordenações de preferências estáveis. O projeto foi motivado pela necessidade de um método que pudesse ser usado em situações em que as preferências do decisor fossem subjetivas ou mudassem com o tempo. O objetivo era desenvolver um método que fosse capaz de refletir essas preferências de forma consistente, mesmo que elas fossem instáveis Dezert *et al.* (2020). O desenvolvimento do SPOTIS foi baseado em dois conceitos principais:

- i. Ordenação de preferências: Uma ordenação de preferências é uma maneira de classificar as alternativas de um problema multicritério de acordo com as preferências do decisor.
- ii. Distância: A distância entre uma alternativa e a solução ideal é uma medida da distância entre as duas alternativas no espaço multicritério.

Com base nesses conceitos, segundo o SPOTIS foi desenvolvido da seguinte forma:

1. Construção da matriz de decisão: $S_{m,n}$.
2. Definição dos limites mínimos e máximos para cada critério: $[S_j^{min}, S_j^{max}]$, com $j = 1, \dots, m$.
3. Definição do ponto de solução ideal de cada critério S_j^* .
4. Cálculo da matriz distância normalizada, com base na seguinte fórmula(9):
$$d_{ij} = \frac{|A_{ij} - S_j^*|}{|S_j^{max} - S_j^{min}|} \quad (9)$$
5. Cálculo da matriz distância média normalizada;
6. Ordenação das alternativas em ordem crescente.

Os resultados da aplicação do SPOTIS a esses problemas têm sido positivos. O método tem sido capaz de gerar ordenações de preferências estáveis e consistentes com as preferências do decisor. Em particular, o SPOTIS tem sido capaz de melhorar a eficiência da tomada de decisão em situações em que as preferências do decisor são subjetivas ou mudam com o tempo.

3.3. Indicadores Fundamentalistas

Indicadores fundamentalistas são ferramentas que avaliam o desempenho e o potencial de uma empresa com base em dados financeiros. Esses indicadores ajudam os investidores a avaliar o desempenho e o potencial de uma empresa. Eles são baseados em dados financeiros da empresa, como lucro, patrimônio líquido e receita e a eficiente análise deles pode ajudar os investidores a identificar empresas com potencial de crescimento e

rentabilidade. No entanto, é importante ressaltar que, antes de tomar uma decisão de investimento, essas métricas devem ser usadas em conjunto com outros fatores, como a análise qualitativa da empresa (Costa *et al.*, 2020 e Nyasha e Odhiambo, 2020). Abaixo, encontra-se um breve resumo dos indicadores fundamentalistas utilizados nesse estudo:

- a. O ROE mede a rentabilidade do patrimônio líquido da empresa. Um ROE alto indica que a empresa está usando seu capital de forma eficiente.
- b. O P/L mede o quanto os investidores estão dispostos a pagar por um real de lucro da empresa. Um P/L baixo indica que a empresa está sendo negociada a um preço atraente.
- c. O P/VPA mede o quanto os investidores estão dispostos a pagar pelo patrimônio líquido da empresa. Um P/VPA baixo indica que a empresa está sendo negociada a um preço abaixo do seu valor patrimonial.
- d. O PSR compara o preço de uma ação com o seu faturamento. Um PSR alto pode indicar que a empresa está sendo negociada a um preço elevado, enquanto um PSR baixo pode indicar que a empresa está sendo negociada a um preço baixo.
- e. O EBITDA é um indicador de lucratividade que exclui despesas não recorrentes. Um EBITDA alto indica que a empresa está gerando um bom fluxo de caixa operacional.
- f. O DY é uma métrica que representa o percentual do preço de uma ação que é pago em dividendos. Um DY alto indica que a empresa é generosa com seus acionistas.
- g. O DP mede a proporção dos lucros de uma empresa que é distribuída aos acionistas. Ele é importante para investidores que buscam renda passiva, pois indica o potencial de retorno de uma ação.

4. Metodologia

A pesquisa é descritiva e possui abordagem quantitativa mediante a análise matemática de dados coletados publicamente. O desenvolvimento dela se deu, em resumo, pelos passos abaixo:

1. Levantamento de artigos com sinergia ao tema do mercado de ações listados em bolsa de valores por meio de pesquisa bibliográfica nas bases *Scielo*, *Scopus* e *Web of Science* usando o filtro: (stock market or stock exchange) and (Brazil or Latin America or World) and (financial market or banking market) and (selection or selecting or defining or Ranking). Esse levantamento nos retornou 36 artigos;
2. Definição dos critérios a serem utilizados no estudo (nesse passo, foi feita uma comparação entre todos os artigos separados do passo anterior). Foram selecionados 10 critérios;
3. Redefinição dos critérios selecionados no passo anterior (desconsiderando os critérios que possuíam relação entre si e focando nos indicadores fundamentalistas). Após a redefinição, restaram 7 critérios;
4. Definição dos ativos do mercado financeiro listados na B3 a serem considerados no estudo. Foram escolhidos os bancos com tickets mais negociados na B3;
5. Coleta, via portal “Status Invest” (2023), dos dados do estudo: ROE, P/L, P/VPA, PSR, EBITDA, DY e DP;
6. Modelagem do problema de ranqueamento dos ativos financeiros listados na B3 por meio da aplicação do método PSI-SPOTIS. Os pesos dos critérios foram obtidos pela aplicação do método PSI enquanto as alternativas foram ordenadas via método SPOTIS;
7. Ranqueamento das alternativas do estudo.

5. Análise dos dados e resultados

Na Tabela 1 encontram-se a matriz de decisão do estudo. No total foram consideradas a performance de 8 ativos financeiros listados na B3: Banco ABC, Banco do Brasil, Banco Pan, Banrisul, BTG Pactual, Bradesco, Itau Unibanco e Santander.

Tabela 1 – Matriz de Decisão

		Max	Min	Min	Min	Max	Max	Max
Ticker	Ativo/Critério	ROE(%)	P/L	P/VPA	PSR	EBITDA	DY	DP (%) – 5 ANOS
ABCB4	BANCO ABC	13,81	5,88	0,81	0,93	0,01	5,87	36,68
BBAS3	BANCO DO BRASIL	20,1	4,31	0,87	0,53	0,01	9,18	36,66
BPAN4	BANCO PAN	8,47	16,74	1,42	0,72	5,93	3,06	40,42
BRSR3	BANRISUL	8,61	6,02	0,52	0,34	0,01	7,78	43,09
BPAC3	BTG PACTUAL	18,51	20,76	3,84	4,13	21,26	1,56	22,08
BBDC3	BRADESCO	8,33	10,01	0,83	0,62	0,01	7,04	44,51
ITUB3	ITAU UNIBANCO	17,34	7,67	1,33	0,69	11,34	6	37,87
SANB3	SANTANDER	8,25	11,28	0,93	1,05	0,01	5,64	55,96

A Tabela 2 apresenta os pesos de cada um dos critérios, definidos por meio da aplicação do método PSI:

Tabela 2 – Peso dos Critérios – via PSI

Critério	ROE(%)	P/L	P/VPA	PSR	EBITDA	DY	DP (%) – 5 ANOS
Peso	0,1583	0,1434	0,1603	0,1467	0,0143	0,1446	0,2324

Na Tabela 3 foi feito o ajuste dos dados de forma a melhor refletir os critérios monotônicos de custo/lucro (penalização dos critérios monotônicos de custo):

Tabela 3 – Matriz de Decisão Ajustada

Ticker	Ativo/Critério	ROE(%)	P/L	P/VPA	PSR	EBITDA	DY	DP (%) – 5 ANOS
ABCB4	BANCO ABC	13,81	-5,88	-0,81	-0,93	0,01	5,87	36,68
BBAS3	BANCO DO BRASIL	20,1	-4,31	-0,87	-0,53	0,01	9,18	36,66
BPAN4	BANCO PAN	8,47	-16,74	-1,42	-0,72	5,93	3,06	40,42
BRSR3	BANRISUL	8,61	-6,02	-0,52	-0,34	0,01	7,78	43,09
BPAC3	BTG PACTUAL	18,51	-20,76	-3,84	-4,13	21,26	1,56	22,08
BBDC3	BRADESCO	8,33	-10,01	-0,83	-0,62	0,01	7,04	44,51
ITUB3	ITAU UNIBANCO	17,34	-7,67	-1,33	-0,69	11,34	6	37,87
SANB3	SANTANDER	8,25	-11,28	-0,93	-1,05	0,01	5,64	55,96

Após, foram definidos os limites mínimos e máximos e o ponto de solução ideal (ISP, da sigla em inglês de ideal solution point) de cada critério. O resultado encontra-se na Tabela 4:

Tabela 4 – Smax, Smin e ISP

	ROE(%)	P/L	P/VPA	PSR	EBITDA	DY	DP (%) – 5 ANOS
Smax	50	40	4	6	60	30	100
Smin	0	0	0	0	0	0	0
ISP	50	0	0	0	60	30	100

Com base na fórmula (9) foi calculada a matriz distância normalizada (Tabela 5):

Tabela 5 – Matriz Distância Normalizada

ROE(%)	P/L	P/VPA	PSR	EBITDA	DY	DP (%) – 5 ANOS
0,7238	0,147	0,2025	0,155	0,999833333	0,804333333	0,6332
0,598	0,10775	0,2175	0,088333333	0,999833333	0,694	0,6334
0,8306	0,4185	0,355	0,12	0,901166667	0,898	0,5958
0,8278	0,1505	0,13	0,056666667	0,999833333	0,740666667	0,5691
0,6298	0,519	0,96	0,688333333	0,645666667	0,948	0,7792
0,8334	0,25025	0,2075	0,103333333	0,999833333	0,765333333	0,5549
0,6532	0,19175	0,3325	0,115	0,811	0,8	0,6213
0,835	0,282	0,2325	0,175	0,999833333	0,812	0,4404

Seguindo o exposto no passo 5 o método SPOTIS, foi calculada a matriz distância média normalizada, considerando os pesos resultantes da aplicação do método PSI. O resultado encontra-se na Tabela 6:

Tabela 6 – Matriz Distância Média Normalizada

ROE(%)	P/L	P/VPA	PSR	EBITDA	DY	DP (%) – 5 ANOS
0,11457754	0,0210798	0,03246075	0,0227385	0,014297617	0,1163066	0,14715568
0,0946634	0,01545135	0,03486525	0,0129585	0,014297617	0,1003524	0,14720216
0,13148398	0,0600129	0,0569065	0,017604	0,012886683	0,1298508	0,13846392
0,13104074	0,0215817	0,020839	0,008313	0,014297617	0,1071004	0,13225884
0,09969734	0,0744246	0,153888	0,1009785	0,009233033	0,1370808	0,18108608
0,13192722	0,03588585	0,03326225	0,015159	0,014297617	0,1106672	0,12895876
0,10340156	0,02749695	0,05329975	0,0168705	0,0115973	0,11568	0,14439012
0,1321805	0,0404388	0,03726975	0,0256725	0,014297617	0,1174152	0,10234896

Por fim, como ilustrado na Tabela 7, chegamos a ordenação das alternativas por meio da soma das linhas da matriz de distância média normalizada.

Tabela 6 – Ordenação das Alternativas		
Ativo/Critério	Pontuação	Posição
BANCO DO BRASIL	0,419790677	1
BANRISUL	0,435431297	2
BANCO ABC	0,468616487	3
SANTANDER	0,469623327	4
BRADESCO	0,470157897	5
ITAU UNIBANCO	0,47273618	6
BANCO PAN	0,547208783	7
BTG PACTUAL	0,756388353	8

No método SPOTIS, quanto menor a pontuação melhor a posição do método (menos a distância para o ponto ideal de solução). Com isso, é possível notar que a performance do Banco do Brasil, nos critérios escolhidos – com coleta dos dados no mês de novembro de 2023, foi superior a performance das demais alternativas. O Banrisul, Banco ABC, Santander e Itau Unibanco tiveram performance semelhantes e estão, respectivamente, atrás do Banco do Brasil. Já o Banco Pan e o BTG Pactual ficaram distantes dos demais, ocupando as últimas posições. O BTG Pactual teve uma performance ruim e muito distante dos demais nos seguintes critérios: P/L, P/VPA e PSR, que culminou na penalização da alternativa na ordenação do método.

6. Conclusão

Nesse estudo, conseguimos atingir nosso objetivo inicial de ordenar, via o método de auxílio multicritério à decisão PSI-SPOTIS, 8 ativos do mercado financeiro listados na B3 levando em consideração suas respectivas performances nos seguintes critérios: ROE, P/L, P/VPA, PSR, EBITDA, DY e DP.

O Banco do Brasil apresentou a melhor performance, nos critérios escolhidos na competência de novembro de 2023, dentre os demais. Seguido por Banrisul, Banco ABC, Santander e Itau Unibanco. O BTG Pactual apresentou o pior desempenho dentro as alternativas, ficando consideravelmente distante do ponto ideal de solução.

É válido destacar que as análises apresentadas aqui não devem ser interpretadas como indicações de investimento. Esse estudo é puramente acadêmico e possui limitações com relação ao número das alternativas ranqueadas e dos critérios escolhidos.

A metodologia utilizada nesse artigo pode ser adaptada para outros contextos: em outras indústrias, em outros países, com diferentes bases de dados. Como já mencionado anteriormente, é interessante aplicar diferentes métodos para comprovar a robustez dos resultados encontrados.

Referências

- COSTA, José Fabiano da Serra; SOUZA, Igor Farias Batista de; PAIVA, Marcelle Gonçalves de Pinho; RAMOS, Carlos Yan Rodrigues. Escolha do investimento mais adequado ao perfil conservador utilizando método de análise hierárquica. *Produto & Produção*, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 1-11, 24 fev. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1983-8026.96298>.
- DEZERT, J., TCHAMOVA, A., HAN, D., & TACNET, J. M. (2020, July). The SPOTIS rank reversal free method for multi-criteria decision-making support. In 2020 IEEE 23rd International Conference on Information Fusion (FUSION) (pp. 1-8). IEEE.
- MANIYA, Kalpesh & BHATT, M.. (2010). A selection of material using a novel type decision making method: Preference selection index method. *Materials & Design*. 31. 1785-1789. [10.1016/j.matdes.2009.11.020](http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2009.11.020).
- NYASHA, Sheilla; ODHAMBO, Nicholas M.. Determinants of the Brazilian Stock Market Development. *The Journal Of Developing Areas*, [S.L.], v. 54, n. 1, p. 1-13, 2020. Project Muse. <http://dx.doi.org/10.1353/jda.2020.0003>.
- ODU, Godwin. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision-making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 23. 1449. [10.4314/jasem.v23i8.7](http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7).
- PARADOWSKI, Bartosz; SAŁABUN, Wojciech. Are the results of MCDA methods reliable? Selection of materials for Thermal Energy Storage. *Procedia Computer Science*, v. 192, p. 1313-1322, 2021.
- ROCHA FILHO, Tareísio M.; ROCHA, Paulo M.M.. Evidence of inefficiency of the Brazilian stock market: the ibovespa future contracts. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, [S.L.], v. 543, p. 123200, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2019.123200>.
- ROTELA JUNIOR, Paulo; PAMPLONA, Edson de Oliveira; SALOMON, Fernando Luiz Riêra. Otimização de portfólios: análise de eficiência. *Revista de Administração de Empresas*, v. 54, n. 4, p. 405-413, 2014.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/abcb4>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/bbas3>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/bbdc3>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/bpac3>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/bpan4>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/brsr3>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/itub3>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- Status Invest, 2023. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/acoes/sanb3>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.
- WIĘCKOWSKI, Jakub; KRÓL, Robert; WĄTRÓBSKI, Jarosław. Towards robust results in Multi-Criteria Decision Analysis: ranking reversal free methods case study. *Procedia Computer Science*, v. 207, p. 4584-4592, 2022.