

MONOGRAFIA

**ESCOLHA DE AÇÕES SOB ABORDAGEM
MULTICRITÉRIOS - UMA APLICAÇÃO SOBRE
O MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO**

Por,

IZAÍAS JORGE DE MAGALHÃES

13/0010782

Brasília, 27 de abril de 2022.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

MONOGRAFIA

ESCOLHA DE AÇÕES SOB ABORDAGEM MULTICRITÉRIOS - UMA APLICAÇÃO SOBRE O MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO

Por,

IZAÍAS JORGE DE MAGALHÃES
13/0010782

Monografia submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Dr. André Luiz Marques Serrano
UnB/EPR (Orientador)

Prof Dr. Lucas Oliveira Gomes Ferreira
UnB/ CCA

Ma. Patricia Helena dos Santos Martins
UnB

Brasília, 27 de abril de 2022.

'Feliz o homem que encontrou a sabedoria e alcançou o entendimento, porque a sabedoria vale mais do que a prata, e dá mais lucro que o ouro. Ela é mais valiosa do que as pérolas, e não existe objeto precioso que se iguale a ela. Na mão direita ela tem vida longa, e na sua esquerda, riqueza e honra. Seus caminhos são deliciosos e suas trilhas conduzem ao bem-estar. Ela é árvore de vida para os que a adquirem e são felizes aqueles que a conservam.'

Bíblia, Provérbios 12, 13:18

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, pensei em não escrever esta seção de agradecimentos por receio em cometer alguma injustiça. Mas injusto seria deixar de agradecer a Deus por ter me colocado em situação tão privilegiada de poder percorrer essa jornada longa e especial.

Não tem sido nem um pouco fácil, mas Ele tem me guiado em segurança por todos os dias de idas e vindas na longa distância de casa até a Universidade, a qual tenho grande carinho. Trouxe para junto D'Ele pessoas que eram muito especiais para mim (seja feita Tua vontade), mas me amparou com uma família que ofereceu todo o suporte para que eu conseguisse prosseguir com a mente tranquila. Ele colocou em meus caminhos não só amigos com quem pude compartilhar dores e alegrias, como também grandes mestres, entre eles André Serrano, meu orientador no Projeto de Graduação. Por fim, Ele deu-me forças, fez-me conhecer um pouco sobre o significado da fé e da sabedoria, e não deixou que eu as perdesse nos momentos mais difíceis.

Diante de tamanha grandeza, resta a mim a responsabilidade de reverter toda essa bondade àqueles que necessitem e que seja possível minha humilde contribuição. Dessa forma, constrói-se uma sociedade cada vez mais coesa e mais próspera.

RESUMO

Os mercados financeiros têm acompanhado a história humana há séculos. Atualmente, a evolução tecnológica possibilitou que cada vez mais pessoas tenham acesso a produtos financeiros antes destinados a públicos mais restritos. Por outro lado, tal evolução também tornou o cotidiano de cotações mais volátil e sensível aos acontecimentos. Diante do contexto caótico e com grande volume de dados e informações disponíveis, tomar uma boa decisão nesse meio torna-se uma tarefa árdua. Diante disso, o presente trabalho lida com o problema da seleção de ações para formar portfólio, aplicando uma abordagem multicritério para lidar com a situação-problema no cenário brasileiro recente. Complementarmente, refinam-se as alocações de capital através do modelo de Markowitz e estuda-se o desempenho do portfólio por meio de simulações geradas a partir da ideia de Movimento Browniano Geométrico. Os resultados mostraram que a metodologia foi capaz de gerar uma carteira bem diversificada e com expectativa positiva de retorno, mas de alto risco. Trabalhos futuros podem integrar os métodos, modelos, técnicas e ferramentas; e aprimorar o conjunto de critérios utilizados.

Palavras-chave: análise multicritérios, formação de portfólio, análise de portfólio

ABSTRACT

Financial markets have followed human history for centuries. Currently, technological evolution has made it possible for more and more people to have access to financial products that were previously intended for more restricted audiences. On the other hand, this evolution has also made the daily life of quotations more volatile and sensitive to events. Faced with the chaotic context and with a large volume of data and information available, making a good decision in this environment becomes an arduous task. Therefore, the present work deals with the problem of stock selection to form a portfolio, applying a multi-criteria approach to deal with the problem situation in the recent Brazilian scenario. In addition, capital allocations are refined through the Markowitz model and the performance of the portfolio is studied through simulations generated from the idea of Geometric Brownian Motion. The results showed that the methodology was able to generate a well diversified portfolio with a positive expectation of return, but with high risk. Future work may integrate the methods, models, techniques and tools; and improve the set of criteria used.

Keywords: stock selection; multicriteria analysis; portfolio analysis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Descrição da pesquisa em bases científicas	13
2.2 Trabalhos relacionados	14
2.3 Fundamentos teóricos	22
3. METODOLOGIA	29
3.1 Etapas	29
3.2 Softwares e fontes de dados	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Considerações pré-resultados	35
4.2 Aplicação dos métodos de escolha e balanceamento de carteira	36
4.3 Resultados das simulações	44
5. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A - Acessos para as grandes tabelas do trabalho	52
APÊNDICE B - Código para auxiliar a extração de métricas das simulações	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz de performance.....	24
Figura 2 - Matriz de concordância.....	24
Figura 3 - Etapas da Metodologia.....	30
Figura 4 - Recorte dos dados brutos.....	38
Figura 5 - Recorte da matriz de desempenho para firmas da indústria/comércio.....	38
Figura 6 - Exemplo de aplicação: serviços financeiros e participações.....	39
Figura 7 - Resultados para carteira de maior índice de Sharpe.....	42
Figura 8 - Resultados para carteira de menor risco.....	43
Figura 9 - Gráficos exemplificativos de cenários futuros.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Destaque de informações dos trabalhos relacionados.....	15
Quadro 2 - Definição das classes.....	30
Quadro 3 - Conjunto de critérios para avaliação de firmas industriais/comerciais....	31
Quadro 4 - Conjunto de critérios para avaliação das firmas de serviço financeiro....	32
Quadro 5 - Conjunto de critérios para avaliação de instituições bancárias.....	32
Quadro 6 - Conjunto de critérios para avaliação de companhias de seguros.....	33
Quadro 7 - Conjunto de critérios para avaliação na etapa 2.....	33
Quadro 8 - Empresas para análise.....	37
Quadro 9 - Firmas escolhidas na primeira etapa.....	39
Quadro 10 - Firmas escolhidas na segunda etapa.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de trabalhos encontrados nas bases científicas.....	14
Tabela 2 - Retornos projetados para 1 ano.....	41
Tabela 3 - Matriz de correlações.....	42
Tabela 4 - Lista final e pesos.....	43
Tabela 5 - Inputs para simulação.....	44
Tabela 6 - Métricas da simulação.....	46

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história humana, diferentes interesses e objetivos fizeram com que imensas redes de oferta e demanda de recursos fossem criadas, e sistemas financeiros cada vez mais complexos surgiram para viabilizar as contínuas operações econômicas e ditar os rumos de uma economia. Os avanços tecnológicos das últimas décadas potencializaram a integração e a velocidade de funcionamento dos sistemas financeiros, para que pudessem acompanhar o fenômeno da globalização econômica. Toda essa sistemática é baseada na intermediação entre as necessidades dos superavitários e deficitários. De um lado, os agentes deficitários necessitam de financiamento para alcançarem os objetivos pessoais; na outra ponta, os poupadores (superavitários) precisam manter o capital excedente aplicado em investimentos a fim de ao menos proteger a poupança da inflação.

Como operacionalização das intermediações financeiras entre os agentes, existem os mercados financeiros. Segundo Pinheiro (2019), os mercados financeiros são “o mecanismo ou ambiente através do qual se produz um intercâmbio de ativos financeiros e se determinam seus preços.” Conforme Alomari et al (2019), está crescendo a competência do mercado financeiro para atuar eficientemente como intermediário a propósito de estimular o crescimento econômico e reduzir a pobreza.

Os mercados financeiros subdividem-se em quatro segmentos: mercado monetário; mercado de crédito; mercado de capitais; mercado cambial. O presente trabalho concentrar-se-á sobre o mercado de capitais, especialmente sobre o mercado de ações. O mercado de capitais pode ser definido como: “um conjunto de instituições e de instrumentos que negociam com títulos e valores mobiliários, objetivando a canalização dos recursos dos agentes compradores para os agentes vendedores” (PINHEIRO, 2019). Entre outros ativos, é no mercado de capitais onde ações de empresas são negociadas. De acordo com Berk e DeMarzo (2009), as ações são quotas da participação dos proprietários sobre o patrimônio total de uma Sociedade Anônima. O mercado de ações pode ser entendido como um ambiente (em essência, virtual) onde investidores com opiniões e perspectivas diferentes encontram-se para negociar os ativos. Ocorrendo milhões de operações de compra e venda todos os dias, “em última análise, os investidores negociam até chegarem a um consenso em relação ao valor das ações” (BERK e DEMARZO, 2009). Lou et al (2019) apontaram que ainda estamos em um mundo clássico de equilíbrio entre as expectativas racionais, mas com aumento significativo de generalidade de

informação e multidimensionalidade. Pesquisas relativamente recentes chegam ao ponto de analisar dados de redes sociais para tentar prever o comportamento dos mercados financeiros, a exemplo de Liu, Xia, e Li (2018); e Guijarro, Moya-Clemente, e Saleemi (2019).

E a quantidade de diferentes decisores atuando no mercado de capitais tende a crescer; ou seja, estão ingressando no mercado ainda mais mentalidades diferentes para compor os preços dos ativos. O número de participantes no mercado acionário brasileiro tem crescido nos últimos anos. De acordo com o relatório “Uma análise da evolução dos investidores na B3 sobre o perfil dos investidores brasileiros” (B3, 2021), ocorreu um súbito aumento de pessoas físicas cadastradas durante o biênio 2019-2020. Atualmente, 26% do volume negociado é devido às pessoas físicas. O volume negociado de ações à vista cresceu 58% entre os primeiros semestres de 2020 e 2021. O estudo ainda permite afirmar que os novos entrantes são principalmente adultos jovens (entre 25 e 39 anos), com pouco dinheiro para investir, sendo possível inferir que ainda possuem pouca experiência em negociações no mercado de capitais.

Concorrentemente à maior procura dos investidores por mercados de renda variável, em 2020 ocorreu um dos maiores choques sobre os mercados financeiros e de capitais do século XXI até o presente, devido à pandemia ocasionada pelo descontrole sobre o vírus SARS-CoV-2. Autores como Liu *et al* (2020), Ashraf (2020), Phan e Narayan (2020), e Baker *et al* (2020) constataram os retornos anormais durante o cenário de pandemia, ressaltando a reação exagerada que os preços tiveram em decorrência do evento.

Diante do cenário de opiniões, interesses, e perspectivas diferentes, em conjunto com a influência cada vez maior dos acontecimentos sobre os retornos das ações, torna-se tarefa árdua analisar tamanho volume de variáveis e tomar decisões bem embasadas para a escolha de boas ações do mercado, que possam mitigar os riscos e trazer retornos satisfatórios aos investidores. Segundo Xu *et al* (2020), a seleção de métodos e técnicas analíticas apropriadas para a tomada de decisão é crucial nos mercados financeiros, para avaliar corretamente os investimentos. Assim, **o problema a ser estudado no presente trabalho é a seleção de ações para formar portfólio em um ambiente com alto volume de dados e informações disponíveis.**

Existem duas abordagens principais que buscam auxiliar o investidor a tomar a melhor decisão: a análise fundamentalista parte do princípio de que as ações possuem um “valor justo” intrínseco e que os investidores podem conseguir grandes lucros quando são sinalizados os desvios desse “valor justo” (Bartram e Grinblatt, 2017); já a análise técnica é um método baseado sobre dados históricos, principalmente preço e volume negociado (Nelson, Pereira e Oliveira, 2017). Entre as duas formas de entender o mercado para a tomada de decisões, a análise fundamentalista é aquela que mais se aproxima do conceito de investimento dado por Graham (1973): “Uma operação de investimento é aquela que, após profunda análise, promete a segurança do principal e um retorno adequado. As operações que não atendem a essas condições são especulativas.” No entanto, um dos problemas da análise fundamentalista é o amplo espectro de indicadores que devem ser estudados em conjunto, o que pode se desdobrar em diversas interpretações diferentes sobre uma mesma empresa. A fim de mitigar tal lacuna da análise fundamentalista, diversos autores têm buscado tratar a seleção de ações como um problema multicritério. Nessa linha, **o trabalho aplica uma abordagem multicritério para lidar com a situação-problema proposta, no cenário brasileiro recente**. Objetiva-se verificar se um modelo multicritério de auxílio à decisão pode guiar os investidores a escolherem boas ações do mercado brasileiro a médio e longo prazo, por meio de simulações sobre a estratégia de investimento proposta.

A situação e o contexto apresentados relacionam-se mais intimamente com duas áreas da Engenharia de Produção, de acordo com a classificação da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO): Engenharia Econômica e Pesquisa Operacional. Em relação à primeira área, o trabalho aborda tópicos tratados em Gestão de Investimentos e Gestão de Riscos. Relativamente à segunda, utiliza-se modelos e métodos atinentes a Modelagem, Simulação, e Otimização; Processos Decisórios; e Processos Estocásticos. Tais áreas aplicadas ao contexto financeiro ainda são pouco exploradas pelas pesquisas brasileiras em Engenharia de Produção, uma lacuna evidente e que este trabalho pode auxiliar a preencher.

O trabalho está dividido em cinco seções, em que: a temática é contextualizada, a relevância do trabalho é apresentada, e os problemas e objetivos são traçados (1); os métodos de busca em literatura são explanados, e os trabalhos

correlatos ao tema são exibidos (2); a metodologia do trabalho é detalhada (3); o passo-a-passo, os resultados, e as discussões são mostrados (4); a finalização do trabalho é realizada, realçando as principais descobertas obtidas, dificuldades, e trabalhos futuros em potencial (5).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente seção é dedicada a apresentar a revisão bibliográfica de trabalhos encontrados em quatro bases científicas: *Web of Science*, *Scopus*, *IEEE Xplore*, e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). O passo-a-passo da busca é descrito em 2.1; os trabalhos relacionados à temática abordada no presente trabalho são apresentados em formato de quadro no subitem 2.2; os fundamentos relevantes para a metodologia são apresentados em 2.3.

2.1 Descrição da pesquisa em bases científicas

O objetivo principal da revisão bibliográfica foi o de encontrar trabalhos relevantes e recentes, que abordaram a mesma problemática da presente pesquisa. Os estudos possibilitaram a identificação de metodologias multicritérios de apoio à decisão mais frequentemente utilizadas para lidar com a seleção de ações das firmas com o propósito de composição de portfólio. Os trabalhos não só contribuíram metodologicamente para a construção da presente pesquisa, como também auxiliaram em aspectos conceituais, de apresentação, etc.

Nesse sentido, a busca foi inicialmente realizada com a utilização de um único conjunto de palavras-chave, com o auxílio dos operadores lógicos AND e OR: (*"mcda"* OR *"multiple criteria"* OR *"multicriteria"* OR *"MCDM"*) AND (*"stock"*). A expressão de busca foi aplicada exclusivamente aos títulos dos artigos, e teve de ser traduzida para o português quando foi pesquisada a BDTD. O período pesquisado ficou compreendido entre 2008 e 2021.

Dessa forma, a Tabela 1 apresenta o quantitativo de resultados encontrados em cada base científica:

Tabela 1 - Relação de trabalhos encontrados nas bases científicas

Base	Trabalhos encontrados
Scopus	36
Web of Science	22
IEEE Xplore	16
BDTD	2

Fonte: elaborado pelo autor

Os trabalhos encontrados tratavam sobre seleção de ações para portfólio ou balanceamento de carteira. Após análise manual, chegou-se a 21 trabalhos diretamente relacionados à seleção de ações para portfólio.

2.2 Trabalhos relacionados

Os trabalhos encontrados serão mais bem detalhados no Quadro 1, baseado em Daibert (2016). Serão evidenciadas a relevância do problema e a heterogeneidade das soluções e modelos propostos. Também será possível identificar a maior frequência de métodos construídos sobre o *Analytical Hierarchy Process* (AHP) e a família ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la réalité*). Quanto aos critérios, será possível notar a constante presença de indicadores de balanço e derivados do modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*); critérios técnicos (baseados em preço e volume) também surgem, mas com frequência menor.

Dentre os artigos mostrados no Quadro 1, os que foram desenvolvidos pelos autores Xidonas, Askounis, Psarras, e Mavrotas servirão de base para construção metodológica do presente trabalho. Xidonas, Askounis, e Psarras (2009) propuseram uma metodologia tanto para seleção, quanto para balanceamento da carteira de ativos. Para a fase de seleção, os autores fizeram uso dos métodos ELECTRE Tri e ELECTRE III. A fase de balanceamento utilizou o tradicional modelo de Markowitz. Ao mesmo tempo Xidonas, Mavrotas, e Psarras (2009) desenvolveram um trabalho bastante semelhante, modificando essencialmente os critérios de avaliação.

Quadro 1 - Destaque de informações dos trabalhos relacionados

Autor(es) e ano de publicação	Critérios	Metodologias e técnicas	Fonte dos dados	Perfil da amostra	Resultados e contribuições
DAIBERT, K.F.N.; (2016)	<p>Conhecimento da empresa, conhecimento setorial, cenário brasileiro, cenário americano e cenário chinês, Valor da ação, posicionamento competitivo da empresa, análise técnica, variáveis de fluxo, posicionamento e interesse dos acionistas, projeção de crescimento de lucros futuros, métricas de qualidade da empresa, Fluxo de caixa descontado, múltiplos de curto prazo, métricas de endividamento, métricas de retorno, transações recentes dentro de um mesmo setor, Nível de governança corporativa, posicionamento perante a concorrência, métricas de rentabilidade, altas barreiras de entrada no negócio, qualificação da equipe técnica, Liquidez da ação, percentual de estrangeiros na base de acionistas, pulverização da base de acionistas, entrada e saída de capital estrangeiro, Decisões baseadas em boatos, decisões baseadas no comportamento de outros investidores, decisões baseadas em notícias pouco fundamentadas, decisões conduzidas por “intuições” pouco embasadas, obsessão ou preconceito por uma ação específica.</p>	Questionários e entrevistas.	Respostas dos questionários e informações das entrevistas.	Investidores qualificados e especialistas do mercado financeiro.	<p>Os critérios “Conhecimento da empresa”, “Projeção de crescimento de lucros futuros”, “FCF - Fluxo de Caixa Descontado”, “Decisões baseadas em comportamento de outros investidores”, “Qualificação da equipe de gestão da empresa”, e “Liquidez da ação” tiveram a maior importância para avaliação dentro das respectivas dimensões às quais pertencem.</p>

Autor(es) e ano de publicação	Critérios	Metodologias e técnicas	Fonte dos dados	Perfil da amostra	Resultados e contribuições
PAIXÃO, G.P.; GOMES; L.L.; (2013)	Indicadores nas áreas: estratégica; setorial ; financeira; governança.	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	Standard & Poor's Capital IQ (S&P Capital IQ)	Dez empresas brasileiras, de capital aberto com capital maior que BRL 10 milhões, dos setores de óleo e gás, bancário, mineração, concessionárias elétricas, serviços de telecomunicações, alimentícia, instituição financeira, celulose e concessionária de água	A ferramenta proposta se mostrou de simples aplicação e adequada para a organização do pensamento e análise dos investidores, no entanto depende da boa avaliação subjetiva do analista no que concerne às dimensões setorial e estratégica.
BOONJING, V.; BOONGASAME, L. (2017)	Margem líquida, rendimento dos dividendos	ELECTRE III	Dados da <i>Stock Exchange of Thailand</i> (SET)	Cinco firmas listadas na SET	Os resultados mostraram que o método oferece uma abordagem viável para a tomada de decisão, sendo significativamente melhor do que a alocação percentual fixa.
GHANDAR, A. et al; (2010)	Índice do mercado, taxas de juros, preço <i>spot</i> do ouro, preço do petróleo, alfa e beta, rendimento dos dividendos, valor contábil, <i>price earnings ratio</i> , <i>price earnings ratio</i> previsto, capitalização do mercado, lucro por ação, dívida total por patrimônio líquido, EBITDA, retorno sobre ativos, retorno sobre patrimônio líquido, preços de fechamento diários, volume diário negociado.	Algoritmo evolucionário	Dados da Standard & Poor's (S&P)	Firmas listadas no índice ASX200	Os resultados das simulações mostraram que os ganhos extras em geral não foram muito significativos, talvez por causa das estratégias de trading testadas no modelo.

Autor(es) e ano de publicação	Critérios	Metodologias e técnicas	Fonte dos dados	Perfil da amostra	Resultados e contribuições
KAO-YI, S.; MIN-REN, Y.; KAI, C.; (2010)	Retorno sobre ativos, variação do retorno sobre ativos, fluxo de caixa sobre operações, retorno sobre patrimônio líquido, variação sobre alavancagem, variação sobre liquidez, novas emissões, variação de margem, variação de <i>turn-over</i> .	<i>Fuzzy</i> DEMATEL-ANP	Dados financeiros do ano de 2008, obtidos do <i>Taiwan Economic Journal</i> (TEJ)	Firmas do setor bancário	Os resultados das simulações confirmaram a possibilidade de aplicação real para <i>value investing</i> .
PENG, Z.; LUO, W.; DENG, A.; (2018)	Estrutura financeira, desempenho gerencial, lucratividade, políticas de autofinanciamento, retorno sobre patrimônio líquido.	<i>Fuzzy</i> ELECTRE I	Exemplo numérico fictício	Exemplo numérico fictício	O algoritmo proposto se mostrou flexível e aplicável a outros contextos de decisão gerencial.
SHEN, K.Y.; CHEN, V.Y.C.; TZENG, G.H.; (2012)	Retorno sobre ativos, fluxo de caixa operacional sobre ativo total, fluxo de caixa operacional líquido, desvio padrão dos retornos históricos, desvio padrão das vendas, custos com pesquisa e desenvolvimento, custos de capital, custos de <i>marketing</i> .	TOPSIS-DANP modificado	<i>Taiwan Economic Journal</i> (TEJ)	Cinco ações do setor de smicondutores de Taiwan	O estudo expandiu as fronteiras do modelo G-Score original, e trouxe insights importantes para investidores e equipes de gerência.
TEY, D.J.Y. et al; (2019)	Crescimento de vendas, crescimento dos ativos, crescimento do patrimônio dos acionistas, rotatividade das contas a receber, rotatividade dos ativos imobilizados, rotatividade do capital, rotatividade do ativo total, perfil da dívida, relação de dívida sobre patrimônio líquido, retorno sobre ativos, retorno sobre patrimônio líquido, margem líquida, liquidez corrente, liquidez seca, liquidez geral.	<i>Neutrosophic Data Analytic Hierarchy Process</i> (NDAHP)	Securities Commission of Malaysia e/ou sites oficiais das companhias	Cinco companhias petroquímicas listadas em <i>Kuala Lumpur Stock Exchange</i> (KLSE)	Dentre outros métodos, o NDAHP produziu os resultados mais consistentes com o ranking real, indicando que é altamente confiável e acurado.

Autor(es) e ano de publicação	Critérios	Metodologias e técnicas	Fonte dos dados	Perfil da amostra	Resultados e contribuições
BASILIO, M. P. et al; (2018)	preço/lucro, preço/patrimônio líquido, preço/EBIT, preço/receita líquida, preço/ativo total, preço/capital de giro, preço/ativo circulante líquido, <i>dividend yield</i> , valor da empresa/EBIT, receita líquida/ativo total, crescimento da receita líquida nos últimos cinco anos, lucro por ação, patrimônio líquido por ação, margem bruta, EBIT/receita líquida, margem líquida, EBIT/ativo total, retorno sobre capital investido, retorno sobre patrimônio líquido, liquidez corrente, dívida bruta total.	Análise de componentes principais e PROMETHEE II	Site Fundamentus	Ações negociadas na extinta BM&FBovespa, restritas a: pertencentes ao mercado <i>spot</i> , ao menos 1000 negociações por dia, firma listada por todo o ano de 2015.	Os autores concluíram que a análise fatorial para reduzir a quantidade de critérios foi menos efetiva do que o tratamento de todos os critérios, e os resultados foram superiores ao índice para o intervalo de tempo simulado.
CHENG, K.C. et al; (2021)	Taxa de retorno anual, preço da ação; anos de mercado; diretores, supervisores, e participação estrangeira; participação de diretores e supervisores; inscrita em uma das quatro grandes firmas de contabilidade; custos com pesquisa e desenvolvimento; lucro por ação; retorno sobre patrimônio líquido; retorno sobre ativos; rotatividade do ativo imobilizado; giro do estoque; rotatividade dos recebíveis; giro do ativo total; taxa de crescimento da receita; taxa de crescimento do patrimônio líquido; taxa de lucro operacional; lucro bruto; dívida bruta; liquidez corrente.	Análise de árvore de decisão e análise de regras de associação	<i>Taiwan Economic Journal</i> (TEJ)	Firmas taiwanesas do setor de esportes e lazer	O trabalho contribuiu para os investidores ao estabelecer um modelo multicritério de tomada de decisão baseado em variáveis de governança e de desempenho financeiro para escolhas de investimentos em ações.

Autor(es) e ano de publicação	Critérios	Metodologias e técnicas	Fonte dos dados	Perfil da amostra	Resultados e contribuições
ESCOBAR, J. W.; (2014)	Lucratividade, risco, coeficiente de variação, probabilidade de perda, custo de capital, diferença entre lucratividade e custo de capital e valor em risco	AHP	<i>Bolsa de Valores de Colombia</i>	32 ações da <i>Bolsa de Valores de Colombia</i>	Os resultados computacionais mostraram que a metodologia proposta pelo autor gera uma maior eficiência no processo de escolha, uma vez que elimina as interferências irracionais do investidor.
LEE, W.S. et al; (2009)	Perspectiva futura da empresa, lucratividade, fluxo de caixa operacional, <i>payout</i> dos dividendos, beta do mercado, taxa livre de risco, taxa de crescimento do lucro, taxa de crescimento do <i>payout</i> dos dividendos.	<i>Analytical Network Process (ANP)</i>	Resultados de questionários, dados de <i>Taiwan Stock Exchange</i>	Especialistas em finanças, e empresas dos setores de energia solar, lentes e aparelhos portáteis.	O critério mais importante para decisão foi o beta do mercado, seguido do crescimento dos dividendos e taxa livre de risco. Quanto às ações, as companhias da indústria solar superaram as de aparelhos e lentes.
MAKUI, A. et al ; (2019)	Risco, retorno, e liquidez	UTA-STRAR	Iran Stock Exchange	Ações da <i>Iran Stock Exchange</i>	Modelagem, análise e a avaliação de múltiplas questões financeiras pôde ser realizada com grande grau de acurácia.

Autor(es) e ano de publicação	Critérios	Metodologias e técnicas	Fonte dos dados	Perfil da amostra	Resultados e contribuições
PĂTĂRI, E. et al ; (2018)	Valor de mercado das ações, valor da empresa, lucratividade, valor contábil da firma, vendas, dividendos, fluxo de caixa 1, fluxo de caixa 2, fluxo de caixa 3, fluxo de caixa operacional, fluxo de caixa livre, EBITDA, EBIT.	<i>Median-scaling (MS), Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS), Analytic Hierarchy Process (AHP), e additive Data Envelopment Analysis (add.DEA)</i>	<i>Center for Re-search in Security Prices (CRSP) e bases de dados da Compustat</i>	Firmas não financeiras listadas em NYSE, AMEX, e NASDAQ	Os resultados mostraram que, em geral, os métodos multicritérios podem agregar valor à seleção de ações para compor portfólio, e que a estratégia a escolher depende fortemente do perfil do decisor.
PENG, H. et al ; (2021)	Liquidez corrente, retorno sobre patrimônio líquido, valor da ação, participação no mercado, taxa de lucro.	<i>Z-number ELECTRE I</i>	Exemplo numérico fictício	Exemplo numérico fictício	O artigo contribuiu para a literatura científica ao: aprimorar o tratamento de informações pouco confiáveis (1), lidar com números Z com efetividade melhor do que os estudos anteriores (2), fornecer melhores resultados do modelo de decisão.
SAMARAS, G.; MATSATSINIS, N.; ZOPOUNIDIS, C.; (2008)	Políticas de autofinanciamento, lucratividade, desempenho da gestão, estrutura financeira.	UTA	<i>Athens Stock Exchange e Association of Greek Institutional Investors</i>	Ações da <i>Athens Stock Exchange</i>	O sistema foi pensado para auxiliar as decisões de investimentos tanto dos investidores institucionais quanto pessoas físicas.

Autor(es) e ano de publicação	Critérios	Metodologias e técnicas	Fonte dos dados	Perfil da amostra	Resultados e contribuições
SEVASTJANOV, P.; DYMOVA, L.; (2009)	Dois critérios foram utilizados: um baseado sobre índices financeiros e outro baseado na evolução do preço da ação.	Propuseram um novo método	Fontes não identificadas	162 firmas do subsetor de biotecnologia dos Estados Unidos	O trabalho mostrou que o método criado fez com que fosse possível escolher um conjunto de boas ações e rejeitar aquelas menos seguras.
XIDONAS, P.; ASKOUNIS, D.; PSARRAS, J.; (2009)	Retorno sobre capital, <i>dividend yield</i> , desvio padrão do retorno sobre capital, beta, aceitação do mercado, preço/lucro, retorno sobre ativos, retorno sobre patrimônio líquido, giro do ativo, giro do estoque, ativos por passivos, passivos por patrimônio líquido.	ELECTRE TRI, ELECTRE III, e Modelo de Markowitz	<i>Athens Stock Exchange</i>	Ações que constituem o índice FTSE-140	A metodologia pode ser uma ferramenta útil para gerentes de portfólios, analistas financeiros e <i>traders</i> ao formarem portfólios.
YODMUN, S.; WITAYAKIATTILE RD, W.; (2016)	Preço/lucro, preço/valor contábil, lucro por ação, preço/preço intrínseco	<i>Fuzzy AHP</i> e TOPSIS	<i>Stock Exchange of Thailand</i>	12 companhias listadas na <i>Stock Exchange of Thailand</i>	O artigo inovou ao apresentar a tática de formar portfólios usando análise quantitativa difusa e análise hierárquica difusa.
ALVAREZ, P. A.; BERNAL, M. R.; MUÑOZ, M.; (2020)	Lucratividade, alavancagem financeira, giro sobre ativo, liquidez, retorno, risco	ELECTRE III	<i>Mexican Stock Exchange</i>	121 companhias listadas no <i>Mexican Stock Exchange</i>	As principais contribuições da pesquisa estão ligadas à listagem dos critérios e à análise hierárquica.
XIDONAS, P.; MAVROTAS, G.; PSARRAS, J.; (2009)	Estabeleceu um conjunto de critérios para cada setor da economia.	ELECTRE TRI	<i>Athens Stock Exchange</i>	259 firmas listadas na <i>Athens Stock Exchange</i>	A metodologia apresentada logrou êxito ao utilizar a análise financeira para selecionar ações atrativas, por meio da avaliação do desempenho global das firmas.

Fonte: elaborado pelo autor, baseado em Daibert (2016)

2.3 Fundamentos teóricos

Análise multicritérios e método Electre I

A abordagem MCDA (*multicriteria decision analysis*) tem como um dos principais objetivos auxiliar os tomadores de decisão a organizar e sintetizar as informações de modo a levá-los a se sentirem confortáveis e confiantes sobre a tomada de decisões difíceis e de alto impacto (Belton e Stewart, 2002). Não obstante, os autores ressaltam que a abordagem não trará “a resposta certa” ou proverá uma análise “objetiva” que vai atenuar a responsabilidade dos tomadores de decisão em fazer julgamentos difíceis.

Roy (1996) divide as problemáticas de tomada de decisão em quatro categorias: $P.\alpha$ (seleção), $P.\beta$ (classificação), $P.\gamma$ (ranqueamento), $P.\delta$ (descrição). A problemática da seleção concentra-se em auxiliar o tomador de decisão a escolher um subconjunto de alternativas tão pequeno quanto possível, de tal modo que a alternativa possa ser escolhida com maior facilidade. A $P.\beta$ tem por objetivo colocar cada alternativa em uma categoria definida anteriormente. Já o ranqueamento consiste em ordenar os desempenhos das alternativas de acordo com as preferências do tomador de decisão. Por fim, a problemática da descrição é orientada a desenvolver uma descrição das alternativas e as consequências delas, gerando uma descrição ou um procedimento cognitivo.

O problema de composição da carteira de investimentos, sob a abordagem MCDA, foi abordado através das perspectivas $P.\alpha$, $P.\beta$, e $P.\gamma$. Entretanto, é observável que tratar o problema sob $P.\beta$ e $P.\gamma$ adiciona elementos subjetivos ao processo decisório, que são a definição das classes no caso de $P.\beta$ e o estabelecimento de um limite mínimo aceitável quando são construídos modelos sob $P.\gamma$. Dessa forma, criar um modelo sob a problemática $P.\alpha$ pode ser vantajoso quanto à simplicidade e objetividade, sendo o método Electre I adequado para tal perspectiva.

O método Electre I foi desenvolvido por Bernard Roy em 1968, e faz parte do conjunto dos métodos de sobreclassificação da Escola Francesa. Consiste essencialmente em comparar um conjunto de alternativas par a par, e extrair destas um subconjunto que se relaciona melhor com as preferências do decisor. Nesse sentido, e de acordo com Pereira (2017), sejam:

a_i : alternativa de um conjunto A;

g_j : um critério pertencente a um conjunto de critérios;

$g_j(a_i)$: o desempenho de uma alternativa a_i , medida pelo critério g_j .

Dessa forma,

$$a_i I_j a_k \leftrightarrow g_j(a_i) = g_j(a_k)$$

$$a_i P_j a_k \leftrightarrow g_j(a_i) > g_j(a_k)$$

$$a_k P_j a_i \leftrightarrow g_j(a_i) < g_j(a_k)$$

Onde $a_i I_j a_k$ denota uma relação de equivalência (ou indiferença), e $a_i P_j a_k$ denota uma relação de preferência entre duas alternativas, dado um critério j .

Em termos, uma alternativa é indiferente à outra quando os desempenhos atinentes a determinado critério são iguais; enquanto que uma opção é preferível à outra quando o desempenho dela é superior em relação ao critério analisado.

Denomina-se critério verdadeiro aquele cuja relação de preferência é absoluta quando uma alternativa a_i desempenha melhor do que outra alternativa a_k , à luz de um critério g_j , não agregando ao modelo limiares de indiferença ou de preferência.

No caso de critérios verdadeiros, existem as seguintes propriedades:

1- Relação de indiferença:

- Reflexão: $a_i I_j a_k \leftrightarrow a_k I_j a_i$;
- Transitividade: se $a_i I_j a_k$ e $a_k I_j a_w$, então $a_i I_j a_w$.

2- Relação de preferência:

- Transitividade: se $a_i P_j a_k$ e $a_k P_j a_w$, então $a_i P_j a_w$.

Com a finalidade de extrair o subconjunto A' do conjunto A de alternativas, faz-se uso do conceito de dominância. Para tal, são calculados os índices de concordância e de discordância, onde o primeiro mede o quanto determinada alternativa é preferível às demais, e o segundo mede o quanto a mesma alternativa é desvantajosa em relação às outras. Conceitualmente, a concordância indica que um subconjunto significativo de critérios concordam que a_i é tão boa quanto (sobreclassifica) a_k , ou seja, $a_i S_j a_k$; e a discordância mostra que o restante dos critérios discordam fortemente que a_i sobreclassifica a_k .

Dados os conceitos e notações, o método Electre I é constituído pelo seguinte passo a passo:

Passo 1. Construção da matriz de performance (ou matriz de desempenho), que é estabelecer os desempenhos de cada alternativa para cada critério, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Matriz de performance

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
a_1	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	$g_3(a_1)$	$g_4(a_1)$	$g_5(a_1)$
a_2	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	$g_3(a_2)$	$g_4(a_2)$	$g_5(a_2)$
a_3	$g_1(a_3)$	$g_2(a_3)$	$g_3(a_3)$	$g_4(a_3)$	$g_5(a_3)$
a_4	$g_1(a_4)$	$g_2(a_4)$	$g_3(a_4)$	$g_4(a_4)$	$g_5(a_4)$
a_5	$g_1(a_5)$	$g_2(a_5)$	$g_3(a_5)$	$g_4(a_5)$	$g_5(a_5)$
Pesos	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5

Fonte: Pereira (2017)

Passo 2. Construção da matriz de concordância, cujo cálculo de cada elemento se dá pela divisão entre a soma dos pesos dos critérios nos quais $a_i S_j a_k$ e a soma dos pesos de todos os critérios, ou seja:

$$c_{ik} = \frac{\sum_j w_j}{\sum_j w_j}, \text{ tal que } j' = j: a_i S_j a_k \quad (1)$$

Onde:

w_j : Peso do critério j;

$c_{ik}(a_i, a_k)$: Grau de concordância entre as alternativas i e k.

A matriz resultante se estabelece conforme a Figura 2.

Figura 2 - Matriz de concordância

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_1	—	c_{12}	c_{13}	c_{14}	c_{15}
a_2	c_{21}	—	c_{23}	c_{24}	c_{25}
a_3	c_{31}	c_{32}	—	c_{34}	c_{35}
a_4	c_{41}	c_{42}	c_{43}	—	c_{45}
a_5	c_{51}	c_{52}	c_{53}	c_{54}	—

Fonte: Pereira (2017)

Passo 3. construção da matriz de discordância, os quais os elementos são calculados conforme a equação 2:

$$d_{ik} = \begin{cases} 0, \text{ se } a_{ij} \geq a_{kj}, \forall j \\ \frac{\text{Máximo positivo entre os pares } (a_{kj} - a_{ij})}{\delta} \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

$d_{ik}(a_i, a_k)$: Grau de discordância entre as alternativas i e k;

a_{ij} : Desempenho da alternativa i em relação ao critério j, equivalente a $g_j(a_i)$;

$\delta = \max \{ \text{maior } g_j(a_i) - \text{menor } g_j(a_k) \}$, por coluna.

Passo 4. construção da matriz de dominância, cujos elementos são obtidos a partir do teste de dominância expresso na equação 3:

$$s_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ se } c_{ik} > t_c \text{ e } d_{ik} < t_d \\ 0, \text{ nas demais situações} \end{cases} \quad (3)$$

Onde:

$s_{ik}(a_i, a_k)$: Grau de dominância (credibilidade) de uma alternativa;

$c_{ik}(a_i, a_k)$: Grau de concordância entre as alternativas i e k;

$d_{ik}(a_i, a_k)$: Grau de discordância entre as alternativas i e k;

t_c : Valor de corte para a concordância. Normalmente $0.5 \leq t_c \leq 1$;

t_d : Valor de corte para a discordância. Normalmente $0 \leq t_d \leq 0.5$.

Passo 5. construção do kernel do problema. O kernel consiste no conjunto de alternativas cujos pares não estabelecem relação de sobreclassificação, significando que são incomparáveis ou não dominadas entre si. As demais alternativas são sobreclassificadas por pelo menos uma pertencente ao kernel.

Modelo de Markowitz

O modelo da média-variância é a principal forma de otimização de carteiras de investimentos. Propostas por Harry Markowitz no artigo *Portfolio Selection*, de 1952, as técnicas estatísticas auxiliam o investidor a encontrar a carteira de melhor retorno esperado para qualquer risco.

Seja x_i o peso do investimento i na carteira, i.e., o valor do i -ésimo investimento dividido pelo valor total da carteira. Dados os pesos de cada investimento em uma carteira P, o retorno é calculado pela média ponderada dos retornos individuais:

$$R_p = \sum_i x_i R_i, \text{ tal que } \sum_i x_i = 1 \quad (4)$$

Onde:

R_p : retorno da carteira P;

x_i : fração investida no título i ;

R_i : retorno do título i .

A equação 4 permite depreender que o retorno esperado também é a média ponderada dos retornos esperados individuais:

$$E[R_p] = \sum_i x_i E[R_i] \quad (5)$$

Onde:

$E[R_p]$: retorno esperado da carteira P;

$E[R_i]$: retorno esperado do título i .

Demonstrações desenvolvidas em Berk e Demarzo (2009) ilustram que o risco de uma carteira pode ser mitigado através da diversificação. Outro fenômeno diz respeito à correlação entre os investimentos individuais: quando os retornos entre investimentos individuais evoluem de forma parecida, o efeito da diversificação sobre o risco é menor do que se existem retornos individuais inversamente correlacionados. A correlação entre os retornos de dois ativos é dada por

$$\begin{aligned} \text{Corr}(R_i, R_j) &= \frac{\text{Cov}(R_i, R_j)}{S(R_i)S(R_j)}, \text{ tal que} \\ \text{Cov}(R_i, R_j) &= E[(R_i - E[R_i])(R_j - E[R_j])] \end{aligned} \quad (6)$$

Onde:

$Corr(R_i, R_j)$: correlação entre os retornos dos títulos i e j ;

$Cov(R_i, R_j)$: covariância entre os retorno dos títulos s i e j ;

$S(R_i)$: desvio-padrão (volatilidade) do retorno R_i .

A seguinte propriedade permite calcular a variância de uma carteira P:

$$S^2(R_p) = Cov(R_p, R_p),$$

Onde:

$S^2(R_p)$: variância do retorno da carteira p.

Expandindo a propriedade acima para dois grupos de ações, temos:

$$S^2(R_p) = x_1^2 S^2(R_1) + x_2^2 S^2(R_2) + 2x_1 x_2 Cov(R_1, R_2)$$

ou (7)

$$S^2(R_p) = x_1^2 S^2(R_1) + x_2^2 S^2(R_2) + 2x_1 x_2 Corr(R_1, R_2) S(R_1) S(R_2)$$

Para uma carteira com mais de dois grupos de ações, a variância é representada por:

$$S^2(R_p) = \sum_i x_i Cov(R_i, R_p) \tag{8}$$

E o desvio-padrão (volatilidade) da carteira é dado por:

$$S(R_p) = \sum_i x_i S(R_i) Corr(R_i, R_p) \tag{9}$$

Onde:

$S(R)$: desvio-padrão (volatilidade) do retorno da carteira p.

Por fim, o retorno mais alto possível para qualquer nível de volatilidade é determinado pelo índice de Sharpe, e a carteira ótima será aquela com o maior índice de Sharpe, pois fornecerá o maior retorno por unidade de volatilidade (maiores detalhes em Berk e Demarzo, 2009). O índice de Sharpe é dado por:

$$\text{Índice de Sharpe} = \frac{E[R_p] - r_f}{S(R_p)} \tag{10}$$

Onde:

r_f : taxa de retorno livre de risco.

Simulação

A simulação é uma técnica flexível, poderosa e intuitiva, que utiliza as ferramentas computacionais disponíveis para reproduzir a operação de um processo ou sistema em um ambiente simulado, através da geração de eventos randômicos (Hillier e Lieberman, 2013). Segundo os mesmos autores, a simulação é frequentemente utilizada para a realização de análises de riscos em processos financeiros, por meio da imitação das transações executadas com o objetivo de gerar um perfil dos possíveis resultados.

De acordo com Glasserman (2004), uma implicação fundamental da teoria de precificação de ativos é que sob certas circunstâncias, o preço de um derivativo pode ser representado como um valor esperado. Logo, a precificação de um ativo pode ser reduzida à computação de expectativas, viabilizando o uso dos métodos de simulação. Ainda, simular a evolução dos preços de ativos do mercado financeiro envolve elaborar caminhos de processos estocásticos, onde, no caso de ativos de risco, usualmente modela-se sobre a ideia de movimento Browniano Geométrico (Rubinstein e Kroese, 2016).

O modelo para simular o movimento Browniano Geométrico aplicado aos preços de uma ação é dado pela fórmula iterativa (maiores detalhes em Reddy e Clinton, 2016) :

$$S_{t+\Delta t} = S_t \exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}\right] \quad (11)$$

Onde

S_t : preço da ação no período t;

Δt : intervalo de tempo para a previsão;

μ : taxa de retorno anual esperada ;

σ : volatilidade anual esperada;

ε : número aleatório, que segue uma distribuição normal padrão.

A taxa de retorno anual esperada pode ser calculada de acordo com o modelo CAPM (*capital asset pricing model*, modelo de precificação de ativos financeiros; mais bem detalhado em Berk e DeMarzo, 2009), conforme se segue:

$$\mu = r_f + \beta_m(r_m - r_f) \quad (12)$$

Onde:

r_f : taxa de retorno livre de risco;

β_m : beta da ação contra o mercado;

r_m : retorno esperado da carteira de mercado, representável pelo índice IBOVESPA no Brasil.

A volatilidade anual esperada pode ser calculada por meio da seguinte equação:

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \quad (13)$$

Onde:

s : desvio padrão dos retornos diários;

τ : intervalo temporal, medido em anos. Assumindo que o ano possui 250 dias úteis para negociação (Sengupta, 2004), o intervalo tem como valor 1/250.

Dessa forma, espera-se que o modelo de simulação auxilie a avaliar o desempenho de uma carteira para diversos cenários possíveis, dados os retornos passados.

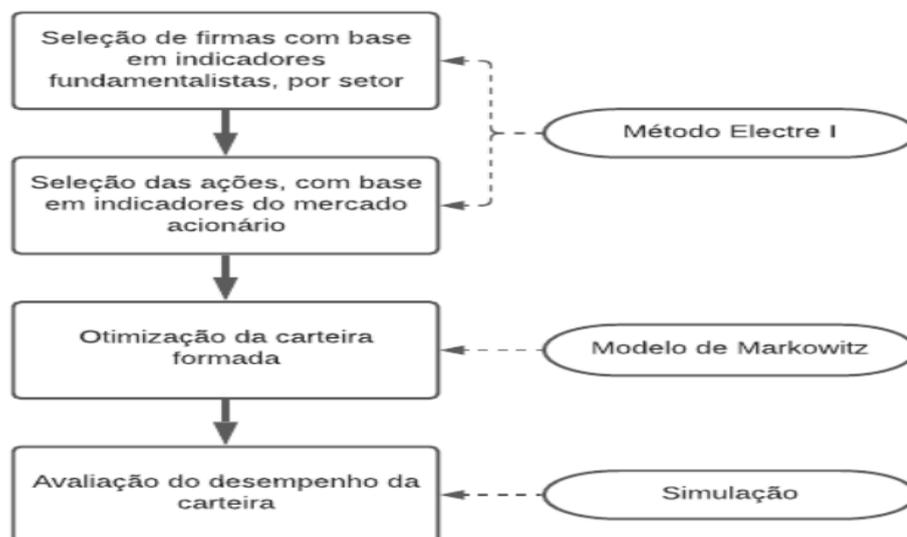
3. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em aplicar uma abordagem multicritério para lidar com a situação-problema de seleção de ações para formar portfólio, no cenário brasileiro recente. É constituído por quatro etapas, conforme a Figura 3, sendo que as duas primeiras envolvem seleção; a terceira, otimização; e a última, simulação.

3.1 Etapas

As etapas são baseadas e adaptadas dos trabalhos de Xidonas, Mavrotas e Psarras (2009), e Xidonas, Askounis, e Psarras (2008), que originalmente utilizaram os métodos ELECTRE III e ELECTRE Tri para a escolha dos ativos financeiros, havendo também a adaptação de alguns critérios porque certos dados não eram disponibilizados adequadamente pelas plataformas e sites que disponibilizam informações financeiras, o qual foi constatado uma fragilidade dos estudos que cercam sobre o tema. As etapas da metodologia se apresentam na Figura 3:

Figura 3 - Etapas da Metodologia



Fonte: adaptado de Xidonas, Askounis e Psarras (2008)

Os passos ilustrados na figura anterior são detalhados adiante:

Passo 1. Escolher as firmas de cada setor (ou classe), de acordo com o Quadro 2, que classifica as firmas conforme a indústria a que pertencem. Este primeiro filtro permite ao decisor avaliar com maior precisão as empresas, pois utiliza os critérios mais pertinentes a cada setor de atividade econômica. Ao mesmo tempo, escolher as melhores empresas de cada classe auxilia na formação de uma carteira mais diversificada ao longo dos passos seguintes.

Quadro 2 - Definição das classes

Classe	Indústria	Supersetor
a	Bens de consumo	Comida e bebida Bens pessoais e domésticos
b	Industriais	Materiais de construção Bens industriais e serviços
c	Tecnologia Comunicações	Tecnologia Comunicações
d	Materiais básicos Petróleo e gás	Químicos Matérias-primas Petróleo e gás
e	Serviços ao consumidor Utilidades Saúde	Varejo Mídia Viagem e lazer Utilidades Saúde
f	Finanças	Serviços financeiros
g	Finanças	Bancos
h	Finanças	Seguros

Fonte: traduzido e adaptado de Xidonas, Mavrotas e Psarras (2009)

Os critérios utilizados nesta etapa são indicadores de balanço, havendo quatro conjuntos para as classes, conforme os quadros 3, 4, 5, e 6. O Quadro 3 abrange as classes indo de “a” até “e” (setores industriais e comerciais); o 4, a classe “f” (serviços financeiros); o 5, a classe “g” (bancos); e o 6, a classe “h” (seguros e previdência). Além disso, tais critérios abordam quatro perspectivas de avaliação: lucratividade, atividade, liquidez, e solvência/estrutura de capital; sendo a lucratividade de modo geral, a dimensão com maior peso de avaliação. Alguns desses critérios foram modificados para serem mais adequados aos dados disponíveis no Brasil, com preservação do sentido original.

Quadro 3 - Conjunto de critérios para avaliação de firmas industriais/comerciais

Indústria e comércio					
Critério	Definição	Objetivo	Perspectiva	Unidade de medida	Peso (%)
Retorno sobre ativo	Lucro EBIT dividido pelo ativo total	Max	Lucratividade	Porcentagem	13,11
Retorno sobre o patrimônio Líquido	Lucro líquido dividido pelo patrimônio dos acionistas	Max	Lucratividade	Porcentagem	16,39
Margem de lucro líquido	Lucro líquido dividido pelas vendas	Max	Lucratividade	Porcentagem	18,03
Vencimento dos recebíveis	(Contas a receber) * 365 dividido por vendas	Min	Atividade	Dias	14,75
Vencimento das obrigações	(Passivo circulante) * 365 dividido por vendas	Min	Atividade	Dias	1,64
Giro do ativo	Vendas divididas pelo ativo total	Max	Atividade	Fração	8,20
Liquidez seca	Ativo circulante menos estoques divididos por passivo circulante	Max	Liquidez	Fração	4,92
Liquidez de caixa	Caixa mais equivalentes em dinheiro divididos por passivo circulante	Max	Liquidez	Fração	8,20
Passivo circulante ao capital de giro	Passivo circulante dividido por ativo circulante menos passivo circulante	Min	Liquidez	Fração	1,64
Taxa de solvência	Passivo total dividido pelo patrimônio líquido	Min	Solvência/estrutura	Fração	1,64
Multiplicador do capital próprio	Ativo total dividido pelo patrimônio líquido	Max	Solvência/estrutura	Fração	8,20
Cobertura de despesas financeiras	EBIT dividido por despesas com juros	Max	Solvência/estrutura	Fração	3,28

Fonte: traduzido e adaptado de Xidonas, Mavrotas e Psarras (2009)

Os critérios mostrados no quadro anterior, aplicáveis aos setores de Indústria e Comércio, são mais focados no desempenho da gestão de ativos e passivos.

Quadro 4 - Conjunto de critérios para avaliação das firmas de serviço financeiro

Serviços financeiros					
Critério	Definição	Objetivo	Perspectiva	Unidade de medida	Peso (%)
Retorno sobre ativo	Lucro EBIT dividido pelo ativo total	Max	Lucratividade	Porcentagem	17,86
Retorno sobre o patrimônio Líquido	Lucro líquido dividido pelo patrimônio dos acionistas	Max	Lucratividade	Porcentagem	17,86
Margem de lucro líquido	Lucro líquido dividido pelas vendas	Max	Lucratividade	Porcentagem	21,43
Desempenho do pessoal	EBIT dividido pela despesa com pessoal	Max	Lucratividade	Moeda (R\$)	10,71
Giro do ativo	Receita líquida divididas pelo ativo total	Max	Atividade	Fração	14,29
Liquidez seca	Ativo circulante menos estoques divididos por passivo circulante	Max	Liquidez	Fração	7,14
Taxa de solvência	Passivo total dividido pelo patrimônio líquido	Min	Solvência/estrutura	Fração	3,57
Multiplicador do capital próprio	Ativo total dividido pelo patrimônio líquido	Max	Solvência/estrutura	Fração	7,14

Fonte: traduzido e adaptado de Xidonas, Mavrotas e Psarras (2009)

No contexto do setor de serviços financeiros, existe maior preocupação em avaliar a capacidade da firma em maximizar a obtenção de receitas eficientemente.

Quadro 5 - Conjunto de critérios para avaliação de instituições bancárias

Instituições bancárias					
Critério	Definição	Objetivo	Perspectiva	Unidade de medida	Peso (%)
Retorno sobre ativo	Lucro EBIT dividido pelo ativo total	Max	Lucratividade	Porcentagem	7,32
Retorno sobre o patrimônio Líquido	Lucro líquido dividido pelo patrimônio dos acionistas	Max	Lucratividade	Porcentagem	19,51
Resultado bruto da intermediação financeira por passivo financeiro	Razão entre resultado bruto da intermediação financeira por passivo financeiro	Max	Lucratividade	Porcentagem	19,51
Margem líquida	Lucro líquido dividido por receita líquida	Max	Lucratividade	Porcentagem	14,63
Eficiência	Despesas operacionais totais divididas pelo resultado operacional	Max	Lucratividade	Porcentagem	17,07
Desempenho do pessoal	EBIT dividido pelo número de funcionários	Max	Lucratividade	Moeda (R\$)	7,32
Patrimônio líquido por ativos totais	Patrimônio líquido dividido pelo ativo total	Max	Estrutura	Porcentagem	2,44
Ativos com juros por ativos totais	Títulos e valores mobiliários divididos pelo ativo total	Max	Estrutura	Porcentagem	2,44
Total de empréstimos por depósitos	Total de empréstimos divididos por depósitos totais	Min	Estrutura	Porcentagem	7,32
Provisões por total de empréstimos	Provisões de empréstimo mais outras provisões a receber divididas pelo total de empréstimos	Min	Estrutura	Porcentagem	2,44

Fonte: traduzido e adaptado de Xidonas, Mavrotas e Psarras (2009)

Aspectos de lucratividade são os mais relevantes para os bancos. Também há preocupação com a capacidade de gerenciar o risco associado aos empréstimos e com eficiência operacional.

Quadro 6 - Conjunto de critérios para avaliação de companhias de seguros

Seguros					
Critério	Definição	Objetivo	Perspectiva	Unidade de medida	Peso (%)
Retorno sobre ativo	Lucro EBIT dividido pelo ativo total	Max	Lucratividade	Porcentagem	14,81
Retorno sobre o patrimônio Líquido	Lucro líquido dividido pelo patrimônio dos acionistas	Max	Lucratividade	Porcentagem	7,41
Margem de lucro líquido	Lucro líquido dividido pelas vendas	Max	Lucratividade	Porcentagem	25,93
Desempenho do pessoal	EBIT dividido pelo número de funcionários	Max	Lucratividade	Moeda (R\$)	11,11
Vencimento dos recebíveis	(Clientes mais contas a receber) ÷ 365 dividido por vendas	Min	Atividade	Dias	18,52
Liquidez corrente	Ativo circulante dividido por passivo circulante	Max	Liquidez	Fração	14,81
Taxa de solvência	Passivo total dividido pelo patrimônio líquido	Min	Solvência/estrutura	Fração	3,70
Provisões de seguros por passivos	Provisões totais de seguros divididas pelo passivo total	Min	Solvência/estrutura	Porcentagem	3,70

Fonte: traduzido e adaptado de Xidonas, Mavrotas e Psarras (2009)

Por último, em relação às seguradoras, são mais avaliados aspectos de liquidez e estruturais.

Passo 2. Escolher, dentre os ativos que passaram pelo primeiro filtro, aqueles que comporão o portfólio, utilizando um conjunto de critérios que possam avaliar empresas de diferentes setores. Neste caso, indicadores do mercado financeiro podem ser tomados como critérios dessa segunda etapa de seleção, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 - Conjunto de critérios para avaliação na etapa 2

Critério	Descrição	Objetivo	Peso Perfil moderado (%)
Retorno médio sobre capital investido	Média dos retornos diários sobre o preço da ação	Max	25
Fração de dividendos (dividend yield)	Fração de dividendos da firma	Max	16,67
Desvio padrão do retorno	Desvio padrão dos retornos diários	Min	16,67
Coefficiente beta	Sensibilidade da flutuação dos preços da ação em relação à flutuação do mercado	Max	16,67
Relação preço/lucro	Razão entre o preço da ação e o lucro por ação	Min	16,67
Liquidez do mercado	Razão entre a quantidade de transações e o número de ações, em determinado período	Max	8,33

Fonte: traduzido e adaptado de Xidonas, Mavrotas e Psarras (2010)

Passo 3. Otimizar a alocação de recursos para cada ativo da carteira, aplicando as técnicas do modelo de Markowitz.

Passo 4. Estudar o desempenho da carteira, aplicando a ideia de movimento Browniano Geométrico para simular a ocorrência de preços futuros, pelo prazo de um ano.

3.2 Softwares e fontes de dados

A metodologia proposta demanda captação de grande volume de dados e aplicações relativamente complexas. A fim de facilitar o processo, foram escolhidas algumas plataformas, sites e aplicativos durante a execução metodológica.

3.2.1. Economatica

Foi utilizada a plataforma Economatica para a coleta de dados dessa pesquisa. A Economatica é uma empresa que coleta e disponibiliza dados e informações financeiras, além de contar com outras ferramentas de análise de investimentos, sendo referência no ramo. A plataforma é constantemente alimentada com os dados mais recentes do mercado financeiro e permite ao usuário manipular um grande volume de dados, encontrá-los facilmente e capturá-los para fazer simulações avançadas e comparar ativos com maior facilidade e eficiência (Economatica, 2022).

Serão utilizadas duas ferramentas do sistema: *screening* e otimização de carteiras. A ferramenta de *screening* permitirá a coleta de dados advindos dos balanços das empresas, agilizando o processo de formação das matrizes de desempenho. Já a otimização de carteira é uma solução já preparada para aplicar o modelo de Markowitz às firmas escolhidas nas etapas de seleção.

3.2.1 Outros sites e plataformas

Complementarmente ao Economatica, serão adotados outros domínios que proveem informações financeiras ao público: Fundamentus e Yahoo Finance. O Fundamentus é um sistema on-line que disponibiliza informações financeiras e fundamentalistas das empresas com ações listadas na Bovespa, possuindo um completo banco de dados apresentado de forma acessível para auxiliar o investidor a encontrar as melhores opções de investimento (Fundamentus, 2022). Adicionalmente, o Yahoo Finance é um rico recurso de dados e ferramentas do mercado financeiro para encontrar investimentos convincentes (Yahoo!, 2022), e servirá para a obtenção das séries históricas de preços ajustados - *input* fundamental para as simulações.

3.2.2 Planilhas

O Planilhas, solução da Google, é uma aplicação em nuvem para gerenciamento de planilhas. Foi criado para atender às necessidades das organizações que precisam de agilidade (Google, 2022). Possui recursos de inteligência artificial, compatibilidade com outros sistemas, além de ser integrado à infraestrutura do Google.

A aplicação foi/será utilizada não só como fio condutor dos passos metodológicos, mas para a geração de quadros, tabelas e figuras componentes do trabalho como um todo. Sob a perspectiva metodológica, o uso da ferramenta passará pela formação das matrizes de desempenho, bem como pelo controle das etapas de seleção, além de ser a ferramenta usada para as simulações.

3.2.3 J-Electre v3.0

Software criado por Valdecy Pereira e Livia D.O. Nepomuceno, a ferramenta executa os algoritmos atinentes aos métodos Electre, bastando ao usuário copiar as matrizes de desempenho e ajustar os parâmetros do modelo para obter rapidamente os resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo central da metodologia proposta é escolher ações das empresas que possuíssem bons fundamentos, além de bom desempenho histórico no mercado de capitais e boas projeções futuras de retorno, sob risco minimizado. No entanto, a metodologia envolve múltiplas possibilidades de cenários e contextos de aplicação, sendo necessário esclarecer a forma com que será executada, antes da apresentação dos resultados.

4.1. Considerações pré-resultados

Tais delimitações, como a amostra da pesquisa, forma de classificação das empresas, fontes dos dados, ferramentas, dentre outros, são livres e devem atender aos objetivos de cada tomador de decisão. Na presente pesquisa, procura-se maior abrangência quanto à amostra, ao passo que também foi necessário considerar antiguidade da série histórica e liquidez nas negociações para mitigar distorções nos resultados.

Tendo tais considerações em vista:

- A amostra envolveu firmas classificadas como “ativas”, com volume médio superior a 400 negociações diárias, de acordo com a plataforma

Economática. Também foram eliminadas da análise as empresas com séries de cotações iniciadas após 01 de janeiro de 2018. Para empresas com mais de um tipo de ação negociada, foi escolhida aquela com maior liquidez;

- O agrupamento das empresas por setor foi realizada conforme a classificação de setores da bolsa de valores - B3, tais classificações são utilizadas para dividir as companhias de capital aberto de acordo com o seu ramo de atividade. Elas foram criadas para proporcionar um maior grau de transparência, organizar as ações que estão listadas na bolsa, e por fim garantir a visualização do crescimento de cada área;
- Os dados que alimentam a primeira etapa de seleção são referentes ao final do terceiro trimestre de 2021, enquanto as etapas subsequentes tem como *inputs* todas as séries históricas pertinentes, desde o início até as vésperas do carnaval de 2022;
- As fontes de dados utilizadas foram as plataformas Economática, Fundamentus, e Yahoo Finance. Em último caso, foram consultadas as informações trimestrais (ITRs) de cada empresa;
- Quanto às ferramentas, foram utilizadas aquelas constantes em Economática para escaneamento do mercado e otimização das carteiras formadas. As aplicações do ELECTRE I foram feitas com auxílio do software J-Electre. Por fim, o baixo volume de dados não demandou nada mais elaborado do que um *software* de planilhas para a condução do trabalho e tratamentos dos dados, além de um programa desenvolvido em linguagem Python para complementar as simulações (Apêndice B).

4.2 Aplicação dos métodos de escolha e balanceamento de carteira

A bolsa brasileira contém mais de 300 ações listadas. No entanto, em testes anteriores, foi constatado que ações de série histórica curta e de baixa liquidez provocaram distorções nos resultados finais e comprometeram a qualidade das simulações. Logo, foi necessário retirá-las da aplicação metodológica por critérios de antiguidade (oferta pública inicial anterior a 2018) e liquidez (média superior a 400 negociações diárias), restando apenas 148 empresas conforme apresentado no quadro a seguir.

Quadro 8 - Empresas para análise

Código	Nome	Código	Nome	Código	Nome	Código	Nome
AZUL4	Azul	MEAL3	Imc S/A	FHER3	Fer Heringer	ELET3	Eletronbras
CCRO3	CCR SA	MYPK3	lochp-Maxion	GGBR4	Gerdau	ENBR3	Energias BR
EMBR3	Embraer	JHSF3	JHSF Part	GOAU4	Gerdau Met	ENGI11	Energisa
ETER3	Eternit	RENT3	Localiza	RANI3	Irani	ENEV3	Eneva
GOLL4	Gol	LCAM3	Locamerica	KLBN11	Klabin S/A	EGIE3	Engie Brasil
ROMI3	Inds Romi	AMAR3	Lojas Marisa	PMAM3	Paranapanema	EQTL3	Equatorial
LOGN3	Log-In	LREN3	Lojas Renner	CSNA3	Sid Nacional	LIGT3	Light S/A
POMO4	Marcopolo	MGLU3	Magaz Luiza	SUZB3	Suzano S.A.	MEGA3	Omegaenergia
MILS3	Mills	LEVE3	Metal Leve	USIM5	Usiminas	SBSP3	Sabesp
PTBL3	Portobello	MOVI3	Movida	VALE3	Vale	SAPR11	Sanepar
RAPT4	Randon Part	MRVE3	MRV	CSAN3	Cosan	TAAE11	Taesa
RCSL3	Recrusul	PDGR3	PDG Realt	DMMO3	Dommo	TRPL4	Tran Paulist
RAIL3	Rumo S.A.	RSID3	Rossi Resid	ENAT3	Enauta Part	ALSO3	Alianscsonae
STBP3	Santos Brp	SEER3	Ser Educa	LUPA3	Lupatech	B3SA3	B3
TGMA3	Tegma	TECN3	Technos	OSXB3	OSX Brasil	BBRK3	BR Brokers
TPIS3	Triunfo Part	TCSA3	Tecnisa	PETR4	Petrobras	BRML3	BR Malls Par
TUPY3	Tupy	TEND3	Tenda	PRIO3	Petrorio	BRPR3	BR Propert
VLID3	Valid	SHOW3	Time For Fun	UGPA3	Ultrapar	CIEL3	Cielo
WEGE3	Weg	TRIS3	Trisul	VBBR3	Vibra	ITSA4	Itausa
OIBR3	Oi	VIIA3	Via	AALR3	Alliar	LPSB3	Lopes Brasil
VIVT3	Telef Brasil	VIVR3	Viver	DASA3	Dasa	MULT3	Multiplan
TIMS3	Tim	VULC3	Vulcabras	FLRY3	Fleury	SIMH3	Simpar
ALPA4	Alpargatas	YDUQ3	Yduqs Part	HYPE3	Hypera	SYNE3	Syn Prop Tec
AMER3	Americanas	ABEV3	Ambev S/A	PARD3	Ihparini	WIZS3	Wiz S.A.
ANIM3	Anima	BRFS3	BRF SA	ODPV3	Odontoprev	ABCB4	Abc Brasil
ARZZ3	Arezzo Co	CRFB3	Carrefour BR	QUAL3	Qualicorp	BPAN4	Banco Pan
BKBR3	Bk Brasil	NTCO3	Grupo Natura	RADL3	RaiaDrogasil	BRSR6	Banrisul
COGN3	Cogna ON	JBSS3	JBS	POS13	Positivo Tec	BBDC4	Bradesco
CVCB3	Cvc Brasil	MDIA3	M.Diasbranco	SQIA3	Sinqia	BBAS3	Brasil
CYRE3	Cyrela Realt	MRFG3	Marfrig	TOTS3	Totvs	BPAC11	Btgp Banco
DIRR3	Direcional	BEEF3	Minerva	AESB3	AES Brasil	ITUB4	ItauUnibanco
EVEN3	Even	PCAR3	P.Acucar-Cbd	ALUP11	Alupar	SANB11	Santander BR
EZTC3	Eztec	SLCE3	SLC Agricola	CMIG4	Cemig	APER3	Alper S.A.
GFSA3	Gafisa	LAND3	Terrasantapa	CESP6	Cesp	BBSE3	BBSeguridade
GRND3	Grendene	BRAP4	Bradespar	CSMG3	Copasa	IRBR3	Irbbrasil Re
GUAR3	Guararapes	BRKM5	Braskem	CPL6	Copel	PSSA3	Porto Seguro
HBOR3	Helbor	DXCO3	Dexco	CPFE3	CPFL Energia	SULA11	Sul America

Fonte: gerado por Economática

A montagem das matrizes de desempenho demandaram uma primeira tabela contendo os dados brutos de balanço de cada firma e alguns indicadores já disponíveis, extraídos da ferramenta de *Screening* do Economática. Por questões de

tamanho, a Figura 4 apresenta um recorte dos dados (a planilha completa, que foi “linha mestra” das etapas de seleção, estará disponível para consulta através da URL constante no Apêndice A). Nessa tabela, os dados estruturais e os demais serviram como insumo para a formação dos índices estabelecidos pelos critérios de avaliação, tanto na primeira como na segunda etapa de escolha.

Figura 4 - Recorte dos dados brutos

Alternativa	Nome	Setor Econômico Bovespa	Subsetor Bovespa	Código	Ativo total	Ativo circulante	Contas a receber
1	Aco Altona	Bens industriais	Máquinas e equipamentos	EALT4	481.008.000	217.605.000	104.784
2	Aeris	Bens industriais	Máquinas e equipamentos	AERB3	2.970.185.000	1.936.457.000	166.599
3	Atmasa	Bens industriais	Serviços diversos	ATMP3	1.705.858.000	358.170.000	224.648
4	Azevedo	Bens industriais	Construção e engenharia	AZEV4	170.210.000	88.265.000	3.941
5	Azul	Bens industriais	Transporte	AZUL4	17.777.995.000	6.771.661.000	1.652.664
6	CCR SA	Bens industriais	Transporte	CCRO3	39.416.599.000	10.890.741.000	1.432.519
7	Csu Cardsyst	Bens industriais	Serviços diversos	CARD3	557.993.000	173.694.000	62.079
8	Ecorodovias	Bens industriais	Transporte	ECOR3	17.215.248.000	4.379.219.000	240.553

Fonte: gerado por Economatica

Em seguida, foi montada a matriz de desempenho correspondente a cada setor econômico. Alguns dados não registrados e essenciais à formação dessa matriz tiveram de ser inseridos manualmente, com base em pesquisas em outras plataformas de informações financeiras e nas ITRs. Além disso, por uma limitação do software J-Electre, os valores dos critérios cuja orientação seria a de minimizar tiveram de ser invertidos (1/valor) a fim de alterar o sentido para maximização. A Figura 5 ilustra um recorte da matriz de desempenho para firmas não pertencentes ao setor financeiro.

Figura 5 - Recorte da matriz de desempenho para firmas da indústria/comércio

Alternativa	Código	Nome	Setor Econômico Bovespa	PESOS DOS CRITÉRIOS				
				13,11	16,39	18,03	14,75	1,64
				ROA	ROE	MARGEM LIQUIDA	VENCIMENTO DOS RECEBÍVEIS (min)	VENCIMENTO DAS OBRIGAÇÕES (max)
A1	AZUL4	Azul	Bens industriais	-21,5	23,1	-61,2	0,01035437247	0,00149634
A2	CCRO3	CCR SA	Bens industriais	2,4	11,4	10,60	0,01746185642	0,003726597
A3	EMBR3	Embraer	Bens industriais	-0,5	-1,9	-1,8	0,03672199113	0,00262364
A4	ETER3	Eternit	Bens industriais	22,1	57,2	25,9	0,01729914194	0,01229716
A5	GOLL4	Gol	Bens industriais	-33,8	24	-97	0,01934533969	0,001102054
A6	ROMB3	Inds Romi	Bens industriais	7,9	17,2	15,9	0,007544259713	0,004485808
A7	LOGN3	Log-In	Bens industriais	3,4	19,3	7,6	0,01106164986	0,006567684

Fonte: o autor (2022)

Com as matrizes de desempenho completas, estão satisfeitas as condições para a aplicação do algoritmo multicritério correspondente ao ELECTRE I. As matrizes foram copiadas para o *software* J-Electre, capaz de executar os algoritmos pertinentes e gerar diversas saídas, entre elas o kernel das alternativas referentes a cada um dos setores. A Figura 6 mostra um exemplo de aplicação para os subsetores financeiros não bancários e que não fossem de seguros.

Figura 6 - Exemplo de aplicação: serviços financeiros e participações

Fonte: o autor

No caso acima, foram selecionadas as alternativas 2,7,8, e 12 para a próxima rodada de seleção. Essa escolha foi devido ao fato de que essas alternativas sobreclassificam as demais dentro do conjunto analisado, e/ou não são sobreclassificadas por nenhuma outra, constituindo o *kernel* do conjunto. Elas se referem à B3, Itaúsa, Lopes Brasil, e Wiz S.A. A execução do método para os demais setores resultou na lista de 40 firmas apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 9 - Firmas escolhidas na primeira etapa

Código	Nome	Setor/Subsetor Econômico Bovespa	Código	Nome	Setor/Subsetor Econômico Bovespa
ETER3	Eternit	Bens industriais	ENAT3	Enauta Part	Petróleo gás e biocombustíveis
RAIL3	Rumo S.A.	Bens industriais	PETR4	Petrobras	Petróleo gás e biocombustíveis
OIBR3	Oi	Comunicações	UGPA3	Ultrapar	Petróleo gás e biocombustíveis
TIMS3	Tim	Comunicações	HYPE3	Hypera	Saúde
MEAL3	Imc S/A	Consumo cíclico	ODPV3	Odontoprev	Saúde
JHSF3	JHSF Part	Consumo cíclico	RADL3	RaiaDrogasil	Saúde
RENT3	Localiza	Consumo cíclico	POSI3	Positivo Tec	Tecnologia da informação
LCAM3	Locamerica	Consumo cíclico	SQIA3	Sinqia	Tecnologia da informação
LEVE3	Metal Leve	Consumo cíclico	TOTS3	Totvs	Tecnologia da informação
ABEV3	Ambev S/A	Consumo não cíclico	ENGI11	Energisa	Utilidade pública
MRFG3	Marfrig	Consumo não cíclico	TAEE11	Taesa	Utilidade pública
BEEF3	Minerva	Consumo não cíclico	B3SA3	B3	Serviços financeiros diversos
BRAP4	Bradespar	Materiais básicos	ITSA4	Itausa	Holdings diversificadas

Código	Nome	Setor/Subsetor Econômico Bovespa	Código	Nome	Setor/Subsetor Econômico Bovespa
BRKM5	Braskem	Materiais básicos	LPSB3	Lopes Brasil	Exploração de imóveis
FHER3	Fer Heringer	Materiais básicos	WIZS3	Wiz S.A.	Serviços financeiros diversos
CSNA3	Sid Nacional	Materiais básicos	BPAN4	Banco Pan	Intermediários financeiros
USIM5	Usiminas	Materiais básicos	BPAC11	Btgp Banco	Intermediários financeiros
VALE3	Vale	Materiais básicos	SANB11	Santander BR	Intermediários financeiros
CSAN3	Cosan	Petróleo gás e biocombustíveis	BBSE3	BBSeguridade	Previdência e seguros
DMMO3	Dommo	Petróleo gás e biocombustíveis	SULA11	Sul America	Previdência e seguros

Fonte: o autor (2022)

Sendo assim, as firmas escolhidas na primeira etapa representam aquelas com melhor desempenho em relação aos respectivos setores, sob a perspectiva de indicadores de balanço. Caso o decisor julgue conveniente investir em determinado setor, este *player* poderá utilizar esta primeira listagem como ponto de partida para sua avaliação.

Agora, avaliando as firmas “aprovadas” na primeira rodada do ELECTRE I conjuntamente por processo semelhante (mudanças somente nos critérios), temos aquelas com ações que apresentam desempenho melhor no mercado financeiro a longo prazo diante das respectivas existências, conforme o próximo quadro.

Quadro 10 - Firmas escolhidas na segunda etapa

Código	Nome	Setor/Subsetor Econômico Bovespa
ETER3	Eternit	Bens industriais
RAIL3	Rumo S.A.	Bens industriais
TIMS3	Tim	Comunicações
JHSF3	JHSF Part	Consumo cíclico
BEEF3	Minerva	Consumo não cíclico
BRAP4	Bradespar	Materiais básicos
VALE3	Vale	Materiais básicos
PETR4	Petrobras	Petróleo gás e biocombustíveis
SQIA3	Sinqia	Tecnologia da informação
B3SA3	B3	Serviços financeiros diversos
ITSA4	Itausa	Holdings diversificadas
WIZS3	Wiz S.A.	Serviços financeiros diversos

Fonte: o autor (2022)

O derradeiro filtro são os pesos aplicados na otimização de carteiras conforme apresentado pela teoria de Markowitz. Ressalta-se que esta etapa não busca selecionar as melhores ações, mas buscar um conjunto de ações que minimize os riscos dos investimentos e que levem em consideração a correlação dos ativos para chegar à relação do risco e retorno de cada um. Sendo assim, essas

análises proporcionam a criação de uma carteira de investimentos “ideal”. Nessa busca, alguns ativos terão alocação de 0% na carteira.

Todo o processo de balanceamento foi realizado com o uso das funcionalidades disponíveis pela Economatica. O retorno esperado foi fixado para o prazo de 1 ano e gerado a partir do modelo CAPM e dos retornos históricos. Outros insumos importantes para o modelo de otimização são a taxa livre de risco e a carteira de mercado. Foi considerada como uma *proxy* da taxa livre de risco (*risk free*) a SELIC anual, *ceteris paribus*. A carteira de mercado brasileira (*benchmark*) é costumeiramente representada pelo índice Ibovespa-B3. Os resultados da otimização são apresentados nas tabelas 2 e 3, adicionalmente nas figuras 7 e 8.

Tabela 2 - Retornos projetados para 1 ano

Ativos	Classe	Cotação		Retorno projetado %		Risco %		Tracking error %		Setor Economatica
		Atual	Alvo	Nominal	Ativo	No período	Anual	No período	Anual	
1 Itausa	PN	10,02	10,669	6,47	0,56	32,65	32,65	19,15	19,15	Outros
2 Tim	ON	13,61	14,607	7,33	1,36	34,61	34,61	29,13	29,13	Telecomunica
3 Bradespar	PN	30,12	32,082	6,51	0,59	40,55	40,55	30,89	30,89	Outros
4 Minerva	ON	10,81	11,618	7,47	1,50	47,51	47,51	44,65	44,65	Alimentos e B
5 Sinqia	ON	17,12	18,183	6,21	0,31	55,10	55,10	47,56	47,56	Software e Da
6 Wiz S.A.	ON	7,21	7,656	6,18	0,28	57,81	57,81	50,60	50,60	Finanças e Se
7 Eternit	ON	15,00	15,798	5,32	-0,54	93,87	93,87	87,80	87,80	Minerais não t
8 Rumo S.A.	ON	15,50	16,435	6,03	0,14	42,63	42,63	30,87	30,87	Transporte Se
9 JHSF Part	ON	5,53	5,806	5,00	-0,84	55,53	55,53	42,84	42,84	Construção
10 Vale	ON	92,28	98,045	6,25	0,34	41,41	41,41	30,20	30,20	Mineração
11 Petrobras	PN	34,00	35,409	4,14	-1,65	50,08	50,08	31,06	31,06	Petróleo e Ga
12 B3	ON	14,58	15,361	5,36	-0,50	44,15	44,15	28,65	28,65	Finanças e Se
Risk free										
13 Selic	252d			10,70	4,55	0,00	0,00	30,16	30,16	
Benchmark										
Ibovespa		113.142	119.802	5,89	0,00	30,16	30,16	0,00	0,00	

Fonte: gerada em Economatica, pelo autor

Diante do retorno da carteira, que é calculado através da soma ponderada dos retornos esperados dos ativos que a compõem, e o risco que é gerado por meio de uma função das variâncias e correlações dos ativos analisados anteriormente. Dessa forma, foi gerada a matriz de correlações.

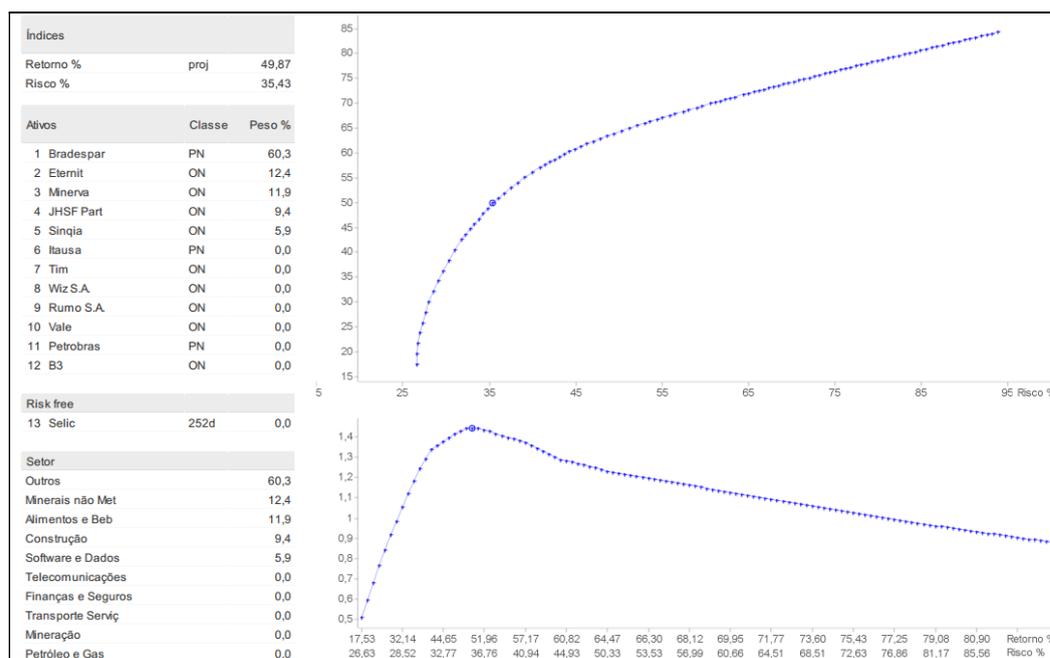
Tabela 3 - Matriz de correlações

Início:	Fim:	Presença	Ativos	Classe	Etermit	Rumo S.A.	Tim	JHSF Part	Minerva	Bradespar	Vale	Petrobras	Sinqia	B3
22/02/2019	24/02/2022				ON	ON	ON	ON	ON	PN	ON	PN	ON	ON
ok	23/02/2022	99,9	Etermit	ON	1,0	0,2497	0,2096	0,2987	0,1592	0,2482	0,2641	0,274	0,2412	0,2902
ok	23/02/2022	99,9	Rumo S.A.	ON	0,2497	1,0	0,5018	0,475	0,3426	0,3891	0,4176	0,5493	0,3411	0,5039
ok	23/02/2022	99,9	Tim	ON	0,2096	0,5018	1,0	0,4634	0,2872	0,2943	0,2983	0,4055	0,3252	0,4618
ok	23/02/2022	99,9	JHSF Part	ON	0,2987	0,475	0,4634	1,0	0,3089	0,2843	0,2961	0,4717	0,4648	0,5294
ok	23/02/2022	99,9	Minerva	ON	0,1592	0,3426	0,2872	0,3089	1,0	0,2697	0,2671	0,3887	0,2143	0,2705
ok	23/02/2022	99,9	Bradespar	PN	0,2482	0,3891	0,2943	0,2843	0,2697	1,0	0,9127	0,5427	0,2753	0,4151
ok	23/02/2022	99,9	Vale	ON	0,2641	0,4176	0,2983	0,2961	0,2671	0,9127	1,0	0,5713	0,255	0,4267
ok	23/02/2022	99,9	Petrobras	PN	0,274	0,5493	0,4055	0,4717	0,3887	0,5427	0,5713	1,0	0,3821	0,5393
ok	23/02/2022	99,9	Sinqia	ON	0,2412	0,3411	0,3252	0,4648	0,2143	0,2753	0,255	0,3821	1,0	0,4459
ok	23/02/2022	99,9	B3	ON	0,2902	0,5039	0,4618	0,5294	0,2705	0,4151	0,4267	0,5393	0,4459	1,0
ok	23/02/2022	99,9	Itausa	PN	0,2379	0,5201	0,5083	0,4924	0,2264	0,437	0,4505	0,6297	0,3246	0,5994
ok	23/02/2022	99,9	Wiz S.A.	ON	0,2157	0,3513	0,3131	0,4371	0,2042	0,2291	0,226	0,3326	0,3653	0,4085

Fonte: gerada em Economatica, pelo autor

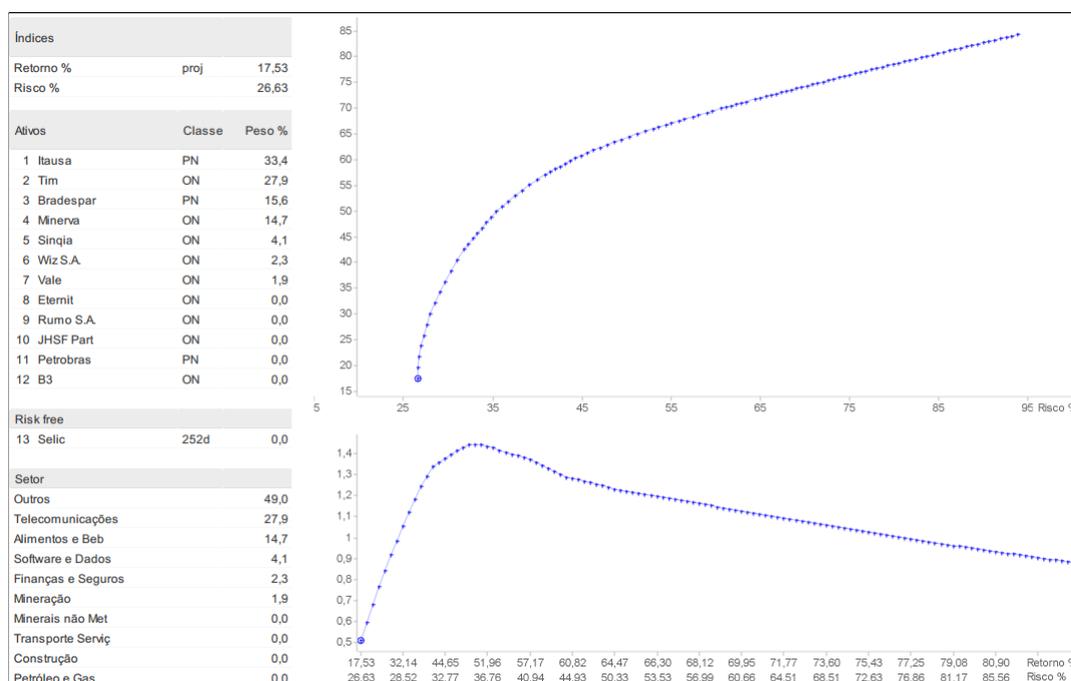
A partir dessa análise, foram gerados dois gráficos por objetivo de portfólio (maior rentabilidade, menor risco). No de cima, o eixo vertical (Y) é o retorno e o eixo horizontal (X) é o risco. O modelo de gráfico desenvolvido é chamado de *Bullet Point*, porque sua estética remete ao comportamento da trajetória de um projétil, que pode ser uma curva hiperbólica. Os pontos representados nesses gráficos (figuras 7 e 8) são fronteiras eficientes, conforme a teoria de Markowitz. No gráfico de baixo, estão plotados os índices de Sharpe dados os retornos e riscos, onde o ponto destacado representa a carteira ótima na Figura 7, e representa a carteira de mínimo risco no caso apresentado na Figura 8.

Figura 7 - Resultados para carteira de maior índice de Sharpe



Fonte: gerada em Economatica, pelo autor

Figura 8 - Resultados para carteira de menor risco



Fonte: gerada em Economatica, pelo autor

A diversificação costuma ser um valor caro aos investidores. Observando os resultados do balanceamento, não parece ser sensato investir na carteira com maior índice de Sharpe (maior retorno por unidade de risco), visto que, aproximadamente 60% da carteira é concentrada em um único ativo de risco. Dessa forma, a outra alternativa - carteira de mínimo risco- continuará sendo analisada nas simulações de preços futuros no horizonte de 1 ano.

Assim, chega-se a uma lista final de ativos com os respectivos pesos, que compõem uma carteira de ações das empresas brasileiras escolhidas dentre 148.

Tabela 4 - Lista final e pesos

Ativos	Classe	Peso %
1 Itausa	PN	33,4
2 Tim	ON	27,9
3 Bradespar	PN	15,6
4 Minerva	ON	14,7
5 Sinqia	ON	4,1
6 Wiz S.A.	ON	2,3
7 Vale	ON	1,9

Índices		
Retorno %	projetado	17,5
Risco %		26,6

Fonte: gerada em Economatica, formatada pelo autor

Observa-se que a metodologia aplicada até este ponto foi capaz de gerar uma carteira bem diversificada, com retorno esperado superior à inflação acumulada em 12 meses. No entanto, o risco atrelado é um ponto de atenção, por ser inclusive maior do que a expectativa de retorno. Dessa forma, pode-se dizer que o mercado de capitais brasileiro não proporciona um ambiente favorável a perfis mais conservadores que porventura desejem aumentar a participação das ações nas carteiras.

4.3 Resultados das simulações

A escolha pela simulação de Monte Carlo como modelo para o teste da carteira formada passa por dois motivos específicos: (i) o *backtest* (teste sobre dados passados), outra forma de testagem bastante utilizada, pode ser enviesado dependendo da data inicial escolhida; (ii) a simulação permite explorar milhares (dependendo do poder computacional, milhões) de cenários futuros possíveis, gerando volume considerável de informações e métricas para auxílio à tomada de decisão.

Para o exemplo ilustrativo de aplicação, considera-se um investimento fictício de R\$10.000,00 no dia 02 de março de 2022, logo após o feriado de carnaval, sem a consideração de outros fatores externos “do noticiário” ou de análise gráfica para a tomada de posição comprada. Com a finalidade de satisfazer os parâmetros do modelo de Movimento Browniano Geométrico, são apresentados os *inputs* na Tabela 5.

Tabela 5 - Inputs para simulação

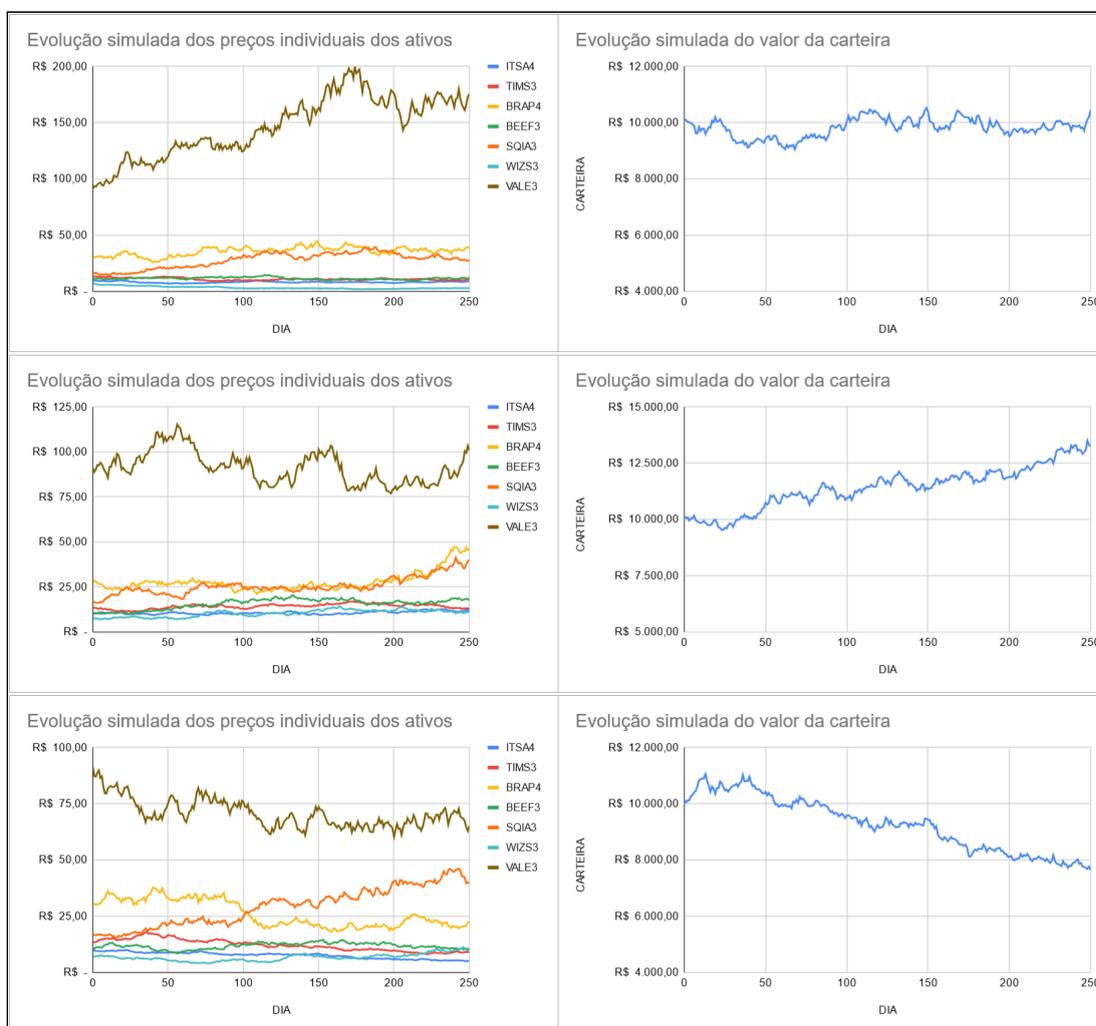
Ativo	Último preço	Retorno anual esperado	Sigma	Peso na carteira	Quantidade de ações a comprar (carteira de R\$10.000,00)
ITSA4	9,92	0,01331669721	0,323439385	0,334	337
TIMS3	13,52	0,1105694841	0,3386890171	0,279	207
BRAP4	29,83	0,504928474	0,5100448063	0,156	53
BEEF3	10,78	0,2694629649	0,4572734517	0,147	137
SQIA3	17,04	0,3304801039	0,4920512961	0,041	25
WIZS3	7,23	0,04272018494	0,5419131207	0,023	32
VALE3	91,24	0,3605712873	0,4153454577	0,019	3

Fonte: o autor, com dados obtidos em Yahoo Finance (2022)

A execução do modelo de simulação é capaz de gerar inúmeros cenários futuros diferentes. A figura a seguir apresenta gráficos exemplificativos da evolução dos preços dos ativos, e do valor da carteira ao longo de 250 dias de negociação, correspondentes a cerca de 1 ano (URL para consultar planilha no Apêndice A). A

figura abrange cenários neutro, otimista, e pessimista, respectivamente, por linha. A coluna esquerda representa a evolução dos preços individuais, enquanto a direita representa as mudanças no valor financeiro da carteira.

Figura 9 - Gráficos exemplificativos de cenários futuros



Fonte: o autor (2022)

A figura apresentada permitiu inferir que os preços de alguns ativos movimentam-se com maior amplitude e conferem alguma tendência ao valor da carteira, enquanto outros permanecem com movimentação mais neutra em todos os cenários e compõem a parte mais estável da carteira.

Avaliando os 10 mil cenários ao final dos 250 dias, não só foi possível extrair métricas a partir dos preços finais possíveis, como também, avaliar os *drawdowns* (maior diferença entre o valor do investimento e o menor valor da carteira durante o período). Assim sendo, das rodadas de simulações, chega-se aos resultados apresentados na próxima.

Tabela 6 - Métricas da simulação

MÉTRICA	VALOR
Retorno médio	17,33%
Desvio padrão do retorno	18,80%
Maior retorno	97,30%
Menor retorno	-56,73%
Probabilidade de ganho > 10%	64,67%
Retorno médio se tiver ganho	23,11%
Retorno médio se tiver perda	-9,80%
Benefício/risco	2,36
Média de drawdown	6,96%

Fonte: o autor (2022)

Tendo por base essa tabela, poderia-se dizer que a entrada é uma boa decisão a ser tomada, sendo o retorno esperado equivalente e o desvio padrão distinto do que foi previsto no modelo de Markowitz. A probabilidade de ter ganho acima de 10% (maior que a Selic) é considerável e a expectativa de retorno é positiva, bem como a relação de benefício/risco (média_se_ganho/média_se_perda, avalia a média de ganhos para cada unidade monetária disponível para perda). Pode-se dizer também que o investidor deve estar preparado para perder até aproximadamente 60% do investimento ao final do ano, mas se não estiver disposto a isso, poderia procurar pontos de saída (*stop loss*) em aproximadamente 10% de desvalorização, dadas as perdas médias quando perde e a média de *drawdown*.

Ressalta-se que os resultados da simulação estão intimamente relacionados aos retornos esperados dos ativos, que podem ser estimados de inúmeras formas, desde avaliações qualitativas até modelos mais sofisticados. Esses retornos esperados são um ponto de atenção, pois inexoravelmente são estimativas de um futuro que pode ou não acontecer em um mundo hipersensível e com fatos imponderáveis ocorrendo com frequência cada vez maior. Apesar disso, o investidor não pode tomar decisões conforme a “maré” do noticiário, mas avaliar de forma inteligente em como os acontecimentos podem afetar a sustentabilidade dos negócios que ele investe ou pretende investir.

5. CONCLUSÃO

O mercado de capitais pode ser tanto uma fonte de oportunidades e riqueza, quanto o “cemitério” dos investidores. O cenário caótico e as inúmeras formas possíveis de se interpretar o grande volume de informações que o circundam tornam difíceis e imprevisíveis as decisões, podendo ser um papel atribuível à Engenharia de Produção auxiliar decisores e analistas a encontrarem as melhores respostas. Nesse contexto, o trabalho buscou identificar na literatura métodos, modelos, e ferramentas que pudessem facilitar a análise de investimentos em ações, sintetizando volume considerável de dados rumo a uma decisão embasada e abrangente. Assim, **o objetivo do trabalho foi aplicar a abordagem multicritério para lidar com a situação-problema proposta (seleção de ações para formar portfólio), no cenário brasileiro recente.**

A partir de trabalhos acadêmicos encontrados em quatro bases científicas, pôde-se chegar a uma metodologia adaptada capaz de: (i) escolher firmas para compor o portfólio de ações, considerando os indicadores de balanço e o desempenho no mercado, através de um modelo MCDA construído sobre o método ELECTRE I; (ii) otimizar o portfólio encontrado, alocando capital de forma a minimizar o risco ou, se razoável, maximizar o retorno esperado para cada unidade de risco; (iii) estudar as potencialidades da carteira formada, com a utilização de um método feito para simular preços futuros (Movimento Browniano Geométrico).

Ao aplicar a metodologia proposta para o mercado brasileiro, foi possível alcançar uma carteira diversificada com boas firmas selecionadas de forma criteriosa e abrangente, sintetizando e organizando uma grande quantidade de dados. Os resultados do modelo de Markowitz não foram convidativos ao investimento. No entanto, as simulações mostraram um conjunto de cenários mais otimista e mais detalhado do que poderia acontecer com a evolução da carteira decorrido um ano de investimento, facilitando decisões de gerenciamento do portfólio. Ressaltou-se, por fim, a importância de se estimar da melhor maneira possível o retorno esperado dos ativos escolhidos.

Embora a aplicação metodológica tenha funcionado de maneira satisfatória, cumprindo com o objetivo, algumas dificuldades devem ser mencionadas. Em primeiro lugar, houve necessidade de inclusão e correção manual por meio de busca nos balanços trimestrais das empresas, principalmente do setor financeiro. Além disso, não foi possível abranger todas as empresas listadas pelo fato de a

metodologia demandar um volume mínimo de dados em séries históricas para mitigar as distorções; e assim, firmas que tiveram oferta pública inicial recentemente tiveram de ser excluídas da análise, mas poderiam representar boas oportunidades de investimento.

Sobre as potencialidades futuras, reitera-se que o trabalho foi desenvolvido com o uso de diversas ferramentas, que poderiam ser integradas a fim de facilitar automações e agilizar o processo de formação e avaliação da carteira. Outro aspecto é a escolha e ponderação de critérios: utilizou-se critérios já definidos em um trabalho desenvolvido na Grécia, e seria interessante identificar aqueles que não só pudessem traduzir melhor o contexto brasileiro, como também fossem melhor alinhados aos dados objetivos disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ALOMARI, Mohammad W.; MARASHDEH, Ziad; BASHAYREH, Ala G. Contribution of financial market development in competitiveness growth. *Cogent Economics & Finance*, 2019.
- ALVAREZ, P. A.; BERNAL, M. R.; MUÑOZ, M. Ranking companies of the Mexican stock exchange with a multiple criteria hierarchical approach. In: *Developments of Artificial Intelligence Technologies in Computation and Robotics: Proceedings of the 14th International FLINS Conference (FLINS 2020)*. 2020. p. 429-436.
- ASHRAF, Badar Nadeem. Stock markets' reaction to COVID-19: Cases or fatalities?. *Research in International Business and Finance*, v. 54, p. 101249, 2020.
- B3 S.A. – BRASIL, BOLSA, BALCÃO. Uma análise da evolução dos investidores na B3. Disponível em: <<https://www.b3.com.br/data/files/51/F2/A8/FD/7763B71027085EA7AC094EA8/Book_PF_1_sem_estre_21%20_site_.pdf>> Acesso em 30 out. 2021.
- BAKER, Scott R. et al. The unprecedented stock market reaction to COVID-19. *The review of asset pricing studies*, v. 10, n. 4, p. 742-758, 2020.
- BARTRAM, Söhnke M.; GRINBLATT, Mark. Agnostic fundamental analysis works. *Journal of Financial Economics*, v. 128, n. 1, p. 125-147, 2018.
- BASILIO, Marcio Pereira et al. Investment portfolio formation via multicriteria decision aid: a Brazilian stock market study. *Journal of Modelling in Management*, 2018.
- BELTON, Valerie; STEWART, Theodor. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media, 2002.
- BERK, Jonathan; DEMARZO, Peter. *Finanças Empresariais*. Tradução: Christiane de Brito Andrei. 2009.
- BOONJING, Veera; BOONGASAME, Laor. Combinatorial portfolio selection with the ELECTRE III method: case study of the stock exchange of Thailand. *Afro-Asian Journal of Finance and Accounting*, v. 7, n. 4, p. 351-362, 2017.
- CHENG, Kuo-Chih et al. Establishing a Multiple-Criteria Decision-Making Model for Stock Investment Decisions Using Data Mining Techniques. *Sustainability*, v. 13, n. 6, p. 3100, 2021.
- DAIBERT, Kelly Frizero Neto. *Priorização de critérios de decisão utilizados por investidores qualificados e especialistas para a compra e venda de ações*. 2016.
- ECONOMATICA. *Economática*. Disponível em: <<<https://economica.com/>>> Acesso em 13 mar. 2022.
- ESCOBAR, John Willmer. Metodología para la toma de decisiones de inversión en portafolio. *risk*, v. 4, n. 29, p. 93-102, 2014.
- FUNDAMENTUS. *Fundamentus - Investa consciente*. Disponível em: <<<https://www.fundamentus.com.br/>>> Acesso em 13 mar. 2022.
- GHANDAR, Adam et al. Index tracking fund enhancement using evolving multi-criteria fuzzy decision models. In: *IEEE Congress on Evolutionary Computation*. IEEE, 2010. p. 1-8.
- GLASSERMAN, Paul. *Monte Carlo methods in financial engineering*. New York: springer, 2004.
- GRAHAM, Benjamin. *O investidor inteligente*. HarperCollins Brasil, 2016.

- GUIJARRO, Francisco; MOYA-CLEMENTE, Ismael; SALEEMI, Jawad. Liquidity risk and investors' mood: Linking the financial market liquidity to sentiment analysis through Twitter in the S&P500 index. *Sustainability*, v. 11, n. 24, p. 7048, 2019.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. *Introdução à pesquisa operacional*. McGraw Hill Brasil, 2013.
- KAO-YI, Shen; MIN-REN, Yan; KAI, Chen. A fuzzy-MCDM based value investing method for banking stocks evaluation. In: 2010 2nd IEEE International Conference on Information and Financial Engineering. IEEE, 2010. p. 161-165.
- LEE, Wen-Shiung et al. Combined MCDM techniques for exploring stock selection based on Gordon model. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 3, p. 6421-6430, 2009.
- LEMOS, Flavio Alexandre Caldas De Almeida. *Análise técnica dos mercados financeiros*. Saraiva Educação SA, 2017.
- LOU, Youcheng et al. Information aggregation in a financial market with general signal structure. *Journal of Economic Theory*, v. 183, p. 594-624, 2019.
- LIU, HaiYue et al. The COVID-19 outbreak and affected countries stock markets response. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 8, p. 2800, 2020.
- LIU, Peipei; XIA, Xinpeng; LI, Antai. Tweeting the financial market: Media effect in the era of Big Data. *Pacific-Basin Finance Journal*, v. 51, p. 267-290, 2018.
- MAKUI, Ahmad et al. A MCDM-based approach using UTA-STRAR method to discover behavioral aspects in stock selection problem. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, v. 30, n. 1, p. 93-103, 2019.
- NELSON, David MQ; PEREIRA, Adriano CM; DE OLIVEIRA, Renato A. Stock market's price movement prediction with LSTM neural networks. In: 2017 International joint conference on neural networks (IJCNN). IEEE, 2017. p. 1419-1426.
- NEPOMUCENO, Livia Dias de Oliveira; PEREIRA, Valdecy. *J-Electre*. Disponível em: <<<https://github.com/Valdecy/J-Electre>>> Acesso em: 13 mar. 2022.
- PAIXÃO, Giovanna Pate da; Gomes; Leonardo Lima. *Modelo de seleção de portfólio de ações - Uma aplicação do método multicritério Analytic Hierarchy Process*. Rio de Janeiro, 2013. 57p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- PĂTĂRI, Eero et al. Comparison of the multicriteria decision-making methods for equity portfolio selection: The US evidence. *European Journal of Operational Research*, v. 265, n. 2, p. 655-672, 2018.
- PENG, Hong-gang et al. Stock selection multicriteria decision-making method based on elimination and choice translating reality I with Z-numbers. *International Journal of Intelligent Systems*, 2021.
- PENG, Zhihao; LUO, Wei; DENG, Ansheng. A Hybrid Fuzzy Outranking Approach for Group Decision-Making under Uncertainty. In: 2018 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS). IEEE, 2018. p. 596-600.
- PEREIRA, Valdecy. *ELECTRE I*, 2017. 45 slides. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/319504754_MCDA-01-ELECTRE_I>> Acesso em: 30 out. 2021.

- PHAN, Dinh Hoang Bach; NARAYAN, Paresh Kumar. Country responses and the reaction of the stock market to COVID-19—A preliminary exposition. *Emerging Markets Finance and Trade*, v. 56, n. 10, p. 2138-2150, 2020.
- PINHEIRO, Juliano Lima. *Mercado de capitais*. Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.
- REDDY, Krishna; CLINTON, Vaughan. Simulating stock prices using geometric Brownian motion: Evidence from Australian companies. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, v. 10, n. 3, p. 23-47, 2016.
- ROSS, Sheldon M. *Simulation*. Epstein Department of Industrial and Systems Engineering, University of Southern California. 5 ed. 310p.
- ROY, Bernard. *Multicriteria methodology for decision aiding*. Springer Science & Business Media, 1996.
- RUBINSTEIN, Reuven Y.; KROESE, Dirk P. *Simulation and the Monte Carlo method*. John Wiley & Sons, 2016.
- SAMARAS, Georgios D.; MATSATSINIS, Nikolaos F.; ZOPOUNIDIS, Constantin. A multicriteria DSS for stock evaluation using fundamental analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 187, n. 3, p. 1380-1401, 2008.
- SENGUPTA, Chandan. *Financial modeling using excel and VBA*. John Wiley & Sons, 2004.
- SEVASTJANOV, Pavel; DYMOVA, Ludmila. Stock screening with use of multiple criteria decision making and optimization. *Omega*, v. 37, n. 3, p. 659-671, 2009.
- SHEN, Kao-Yi; CHEN, Vivien YC; TZENG, Gwo-Hshiung. An integrated MCDM model for glamour stock selection. In: *The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, and The 13th International Symposium on Advanced Intelligence Systems*. IEEE, 2012. p. 2070-2075.
- TEY, Desmond Jun Yi et al. A novel neutrosophic data analytic hierarchy process for multi-criteria decision making method: A case study in kuala lumpur stock exchange. *IEEE Access*, v. 7, p. 53687-53697, 2019.
- XIDONAS, Panagiotis; ASKOUNIS, Dimitrios; PSARRAS, John. Common stock portfolio selection: a multiple criteria decision making methodology and an application to the Athens Stock Exchange. *Operational Research*, v. 9, n. 1, p. 55-79, 2009.
- XIDONAS, Panagiotis; MAVROTAS, George; PSARRAS, John. A multicriteria methodology for equity selection using financial analysis. *Computers & operations research*, v. 36, n. 12, p. 3187-3203, 2009.
- XU, Liang et al. Introduction to the special issue on analytical and decision-making technique innovation in financial market. *Financial Innovation*, v. 6, n. 1, p. 1-2, 2020.
- YAHOO. Yahoo Finance. Disponível em: <<<https://finance.yahoo.com/>>> Acesso em: 13 mar 2022.
- YODMUN, Satit; WITAYAKIATTILERD, Wichai. Stock selection into portfolio by fuzzy quantitative analysis and fuzzy multicriteria decision making. *Advances in operations research*, v. 2016, 2016.
- ZAREMBA, Adam; KAMBOURIS, George D.; KARATHANASOPOULOS, Andreas. Two centuries of global financial market integration: Equities, government bonds, treasury bills, and currencies. *Economics Letters*, v. 182, p. 26-29, 2019.

APÊNDICE A - Acessos para as grandes tabelas do trabalho

- i. Para consultar o arquivo da planilha que foi a “linha mestra” para a aplicação do ELECTRE I, acesse: <<<https://bit.ly/3NFIIGN>>>.
- ii. Para consultar a planilha de simulação: acesse: <<<https://bit.ly/3DAubGs>>>.

APÊNDICE B - Código para auxiliar a extração de métricas das simulações

Código desenvolvido na linguagem Python.

```
import random
import math

def produto_vetores(vetor1,vetor2):
    produto = []
    if len(vetor1) == len(vetor2):
        for elemento in range(len(vetor1)):
            produto.append(vetor1[elemento]*vetor2[elemento])

        return produto

    else:
        return 'Vetores de tamanhos diferentes!'

def gera_fator(preco, retorno_esperado, sigma):
    fator = [] #formação do vetor que multiplica os precos
    for i in range(len(preco)):
        primeira_parte = (retorno_esperado[i] - sigma[i]**2/2)*(1/250)
        epsilon = random.gauss(mu=0,sigma=1)
        segunda_parte = sigma[i]*epsilon*math.sqrt(1/250)
        fator.append(math.exp(primeira_parte + segunda_parte))

    return fator

print ('Executando programa...')

#Elementos das listas no dicionario correspondem a: ult_preco, retorno_esperado, sigma,
#peso, qtde_acoes
entradas_simulacao = {
    'ITSA4' : [9.92,0.01331669721, 0.323439385, 0.334, 337],
    'TIMS3' : [13.52, 0.1105694841, 0.3386890171, 0.279, 207],
    'BRAP4' : [29.83, 0.504928474, 0.5100448063, 0.156, 53],
    'BEEF3' : [10.78, 0.2694629649, 0.4572734517, 0.147, 137],
    'SQIA3' : [17.04, 0.3304801039, 0.4920512961, 0.041, 25],
    'WIZS3' : [7.23, 0.04272018494, 0.5419131207, 0.023, 32],
    'VALE3' : [91.24, 0.3605712873, 0.4153454577, 0.019, 3]
}

#Captura os dados do dicionario de inputs
ult_preco = []
retorno_esperado = []
sigma = []
peso = []
```

```

qtde_acoes = []
for ativo in entradas_simulacao:
    ult_preco.append(entradas_simulacao[ativo][0])
    retorno_esperado.append(entradas_simulacao[ativo][1])
    sigma.append(entradas_simulacao[ativo][2])
    peso.append(entradas_simulacao[ativo][3])
    qtde_acoes.append(entradas_simulacao[ativo][4])

valor_inicial_carteira = sum(produto_vetores(ult_preco,qtde_acoes))
preco_original = ult_preco
valor_carteira_diario = [valor_inicial_carteira]
valor_final_carteira = []
drawdown = []

rounds = 10000
dias = 250
for round in range(rounds):
    for i in range(250):
        fator = gera_fator(ult_preco, retorno_esperado, sigma)
        ult_preco = produto_vetores(ult_preco,fator)
        valor_carteira = sum(produto_vetores(ult_preco,qtde_acoes))
        valor_carteira_diario.append(valor_carteira)

    valor_final_carteira.append(valor_carteira_diario[249])

    if valor_inicial_carteira > min(valor_carteira_diario):
        drawdown.append(valor_inicial_carteira - min(valor_carteira_diario))
    else:
        drawdown.append(0)

    valor_carteira_diario = [valor_inicial_carteira] #reset da carteira
    ult_preco = preco_original #reset ult_preco

with open('valores_e_drawdowns.csv','w') as arq:
    for i in range(rounds):
        arq.write(str(valor_final_carteira[i])+','+str(drawdown[i])+'\n')

print("Arquivo 'valores_e_drawdowns.csv' criado com sucesso!")

```