



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

LUAN PINHEIRO SILVA

**MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MERCADO FINANCEIRO COM
ÊNFASE EM ANÁLISE FUNDAMENTALISTA**

Tucuruí – PA

2024

LUAN PINHEIRO SILVA

**MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MERCADO FINANCEIRO COM
ÊNFASE EM ANÁLISE FUNDAMENTALISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Computação, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Otávio Noura Teixeira
Coorientadora: Msc. Ingrid Nery Mendes

Tucuruí – PA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586m Silva, Luan Pinheiro.
 Mapeamento sistemático da inteligência artificial no mercado
 financeiro com ênfase em análise fundamentalista / Luan Pinheiro
 Silva. — 2024.
 58 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof. Dr. Otávio Noura Teixeira
 Coorientador(a): Profª. MSc. Ingrid Nery Mendes
 Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
 Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia
 da Computação, Tucuruí, 2024.

 1. Algoritmos. 2. Análise fundamentalista. 3. Buy and
 hold. 4. Inteligência artificial. 5. Mercado de ações. I. Título.

CDD 006.3

LUAN PINHEIRO SILVA

**MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MERCADO FINANCEIRO COM
ÊNFASE EM ANÁLISE FUNDAMENTALISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Computação, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Data da aprovação: 15 de agosto de 2024.

Conceito: 8.6 / BOM.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Otávio Noura Teixeira - Orientador - UFPA

Msc. Ingrid Nery Mendes - Coorientadora - UFPA

Prof. Dr. Renato Luz Cavalcante - Membro Titular Interno - UFPA

Profa. Dra. Viviane Almeida Dos Santos - Membro Titular Interno - UFPA

RESUMO

A análise fundamentalista é a estratégia de investimento predominante para investidores focados em retornos de longo prazo. Essa abordagem avalia as operações e perspectivas das empresas, considerando tanto fatores macroeconômicos quanto elementos específicos da companhia, visando identificar oportunidades de investimento com alto potencial de retorno. O presente trabalho busca reunir informações detalhadas e relevantes sobre os benefícios e estratégias das aplicações de aprendizado de máquina na economia, utilizando a análise fundamentalista como principal métrica dentro do setor financeiro. Além disso, visa identificar as técnicas de inteligência artificial (IA), aplicadas a esse segmento e seus impactos na previsão do mercado de ações, uma vez que, prever a volatilidade do mercado financeiro sempre representou um desafio complexo. E para entender esse processo, foi realizada esta revisão sistemática da literatura, no qual, constata-se que, frequentemente, as técnicas de aprendizado de máquina são utilizadas para prever os preços dos ativos e suas tendências. Reforçando dessa forma, a importância e eficácia da utilização de algoritmos de IA para antecipar direções futuras no mercado de ações. Entre os modelos mais comuns encontrados estão, respectivamente: rede neural, algoritmo genético, *deep learning*, floresta aleatória, séries temporais, mineração de texto, processamento de linguagem natural e rede neural profunda. Os resultados indicam que as pesquisas em inteligência artificial estão evoluindo rapidamente e enfatizam o crescente potencial das técnicas de IA no setor financeiro, tornando-se uma ferramenta quase indispensável para os agentes econômicos.

Palavras-chave: algoritmos; análise fundamentalista; *buy and hold*; inteligência artificial; mercado de ações; mercado financeiro; técnicas de IA.

ABSTRACT

Fundamental analysis is the predominant investment strategy for investors focused on long-term returns. This approach evaluates the operations and prospects of companies, taking into account both macroeconomic factors and company-specific elements, in order to identify investment opportunities with high return potential. This paper seeks to gather detailed and relevant information on the benefits and strategies of machine learning applications in the economy, using fundamental analysis as the main metric within the financial sector. It also aims to identify artificial intelligence (AI) techniques applied to this segment and their impact on stock market forecasting, since predicting financial market volatility has always been a complex challenge. In order to understand this process, a systematic literature review was carried out, which found that machine learning techniques are often used to predict asset prices and their trends. This reinforces the importance and effectiveness of using AI algorithms to anticipate future directions in the stock market. Among the most common models found are, respectively: neural network, genetic algorithm, deep learning, random forest, time series, text mining, natural language processing and deep neural network. The results indicate that research into artificial intelligence is evolving rapidly and emphasize the growing potential of AI techniques in the financial sector, making it an almost indispensable tool for economic agents.

Keywords: algorithms; fundamental analysis; buy and hold; artificial intelligence; stock market; financial market; AI techniques.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Agente interagindo por meio de sensores e atuadores.....	16
Figura 2. Desempenho do IBOV.....	19
Figura 3. Desempenho da NDX.....	20
Figura 4. Nuvem de palavras.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Definição das palavras-chave.....	24
Quadro 2. Critérios de seleção.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Apresentação da estratégia de busca.....	25
Tabela 2. Quantidade de artigos selecionados em 2018.....	29
Tabela 3. Quantidade de artigos selecionados em 2019.....	30
Tabela 4. Quantidade de artigos selecionados em 2020.....	31
Tabela 5. Quantidade de artigos selecionados em 2021.....	34
Tabela 6. Quantidade de artigos selecionados em 2022.....	38
Tabela 7. Quantidade de artigos selecionados em 2023.....	42
Tabela 8. Termos em evidência.....	45
Tabela 9. Técnicas de IA aplicadas na economia.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Fluxograma baseado no modelo prisma.....	27
Gráfico 2. Distribuição de publicações por continente.....	47
Gráfico 3. Publicações por ano.....	48
Gráfico 4. Representação percentual dos artigos por base científica.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Colônia artificial de abelhas ou <i>Artificial bee colony</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AG ou GA	Algoritmo genético ou <i>Genetic algorithm</i>
Anbima	Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais
ANN	Redes neurais artificiais ou <i>Artificial neural networks</i>
AURORA	Comerciante racional autônomo ou <i>Autonomous rational trader</i>
[B] ³	Brasil, Bolsa e Balcão
B3SA3	Código de identificação para a negociação da empresa [B] ³
B&H	<i>Buy and hold</i> ou “comprar e segurar”
ChatGPT	Transformador pré-treinado generativo de bate-papo ou <i>Chat generative pré-trained transformer</i>
CNN	Rede neural convolucional ou <i>Convolutional neural network</i>
CSNA3	Código de identificação para a negociação da companhia siderúrgica nacional
DOI	Identificador de objeto digital ou <i>Digital object identifier</i>
DL	Aprendizagem profunda ou <i>Deep learning</i>
DRL	Aprendizagem por reforço profundo ou <i>Deep reinforcement learning</i>
ELET3	Código de identificação para a negociação da empresa Eletrobras
GP	Programação genética ou <i>Genetic programming</i>
GOLL4	Código de identificação para a negociação da empresa Gol
IA	Inteligência artificial ou <i>Artificial intelligence</i>
IBOV	Índice da bolsa de valores
IBOVESPA	Índice da bolsa de valores de São Paulo
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
LSTM	Memória de longo prazo ou <i>Long short-term memory</i>
ML	Aprendizado de máquina ou <i>Machine learning</i>

MIFS	Máxima relevância mínima redundância ou <i>Maximum relevance minimum redundancy</i>
NIFTY 50	Índice que reúne as ações das 50 maiores empresas indianas
NYSE	Primeira bolsa de valores de Nova York ou <i>First New York stock exchange</i>
NASDAQ	Segunda maior bolsas de valores de Nova York ou <i>Second largest stock exchange in New York</i>
NBR	Norma brasileira de representação
NDX	Principal índice da segunda maior bolsas de valores de Nova York
PETR4	Código de identificação para a negociação da empresa Petrobras
PLN	Processamento de linguagem natural ou <i>Natural language processing</i>
RNAs	Redes neurais artificiais ou <i>Artificial neural networks</i>
RN	Rede neural
ROI	Retorno sobre o investimento
RSL	Revisão sistemática da literatura
SVM	Máquina de vetores de suporte ou <i>Support vector machine</i>
VALE	Código de identificação para a negociação da empresa Vale
VADER	Dicionário consciente de valência e raciocínio de sentimento ou <i>Valence aware dictionary and sentiment reasoner</i>
TD3	Radiente de política determinística profunda com atraso duplo ou <i>Twin delayed deep deterministic policy gradient</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1. Inteligência artificial.....	15
2.2. Agentes inteligentes.....	16
2.3. Aprendizado de máquina.....	17
2.4. Mercado financeiro.....	18
2.5. Análise fundamentalista.....	21
2.6. Estratégia Buy and Hold.....	21
2.7. Investimento em valor (Value Investing).....	22
3. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	23
3.1. Questões de pesquisa.....	23
3.2. Estratégias de busca.....	23
3.3. Critérios de inclusão e exclusão.....	26
3.4. Critérios para seleção dos estudos e identificação de qualidade.....	26
3.5. Resultado da avaliação de qualidade.....	27
4. RESULTADOS E ANÁLISES.....	29
4.1. Detalhamento dos artigos selecionados.....	29
4.2. Extração e sintetização dos dados.....	44
4.3. Comparações críticas.....	49
4.4. Lacunas existentes.....	49
4.5. Considerações da revisão.....	50
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

O mercado financeiro desempenha um papel crucial na sociedade contemporânea, oferecendo oportunidades de investimento lucrativos para os indivíduos. Através de corretoras e plataformas *online*, é possível negociar ações na bolsa de valores, buscando lucrar com a compra de ações que se espera que valorizem e a venda das que podem desvalorizar. Para tomar decisões eficazes, os investidores precisam prever com precisão o comportamento das ações (Corriga, 2022). E a utilização de agentes inteligentes se mostra essencial nesse processo, permitindo previsões mais precisas e maximização dos lucros. No entanto, prever as tendências do mercado de financeiro é desafiador devido a uma série de fatores, como crises mundiais, desempenho das empresas, produção da indústria, eventos políticos, entre outros (Domingos, 2017).

Portanto, neste estudo são abordados conceitos de inteligência artificial (IA), agentes inteligentes, aprendizado de máquina, mercado financeiro, análise fundamentalista e estratégias de investimento do tipo *buy and hold* e *value investing*. A fim de proporcionar um melhor entendimento a respeito de como os investidores podem utilizar modelos de IA para auxiliar na gestão do tempo, além de aproveitar a assistência e eficiência desses algoritmos em prever as flutuações no mercado financeiro.

Esse trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura (RSL), com análise de trinta artigos encontrados e selecionados por critérios definidos em conformidade com as diretrizes de Kitchenham e Charters (2007), realizados entre os meses de setembro a dezembro de 2023. Esta RSL busca reunir informações detalhadas e relevantes sobre os benefícios e estratégias das aplicações de aprendizado de máquina na economia, utilizando a análise fundamentalista como principal métrica dentro do setor financeiro. Além disso, visa identificar as técnicas de IA aplicadas a esse segmento e seus impactos na previsão do mercado de ações, uma vez que, prever a volatilidade do mercado financeiro sempre representou um desafio complexo. Por fim, este estudo foi motivado pelo interesse tanto no setor financeiro quanto em IA, e a combinação desses dois temas nesta pesquisa será uma experiência enriquecedora e gratificante.

A presente RSL segue a seguinte estrutura: O capítulo 1 é constituído por uma breve introdução, juntamente com as divisões deste estudo; o capítulo 2 e suas subseções trazem a fundamentação teórica, o capítulo 3 e suas subseções apresentam a metodologia utilizada para compor esta pesquisa; o capítulo 4 e suas subseções mostram os resultados e suas análises; e por fim, o capítulo 5 apresenta as considerações finais, seguida das referências utilizadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Inteligência artificial

A IA é um grande e importante campo de estudo da computação, que teve início logo após a 2ª guerra mundial e que atualmente contempla uma diversa variedade de subcampos. Sendo definida por Norvig e Russell (2014) como sistemas que simulem a capacidade humana de raciocínio, percepção e tomada de decisão, visando à resolução de problemas das mais diversas áreas.

De maneira mais simples, Domingos (2017, p.27) define IA como sendo um instrumento para ensinar as máquinas a executarem tarefas mais eficazes do que os seres humanos. E enfatiza que o processo de aprendizagem delas é sem dúvida, a mais importante no decorrer do progresso.

Durante anos, a IA foi amplamente explorada no campo da ficção científica. Filmes como *Matrix* (1999), *Transcendence: A Revolução* (2014) e *Ex-Machina: Instinto Artificial* (2015) são exemplos notáveis desse processo. A seguir, é abordado como a IA é apresentada em cada um desses longas-metragens para proporcionar uma compreensão mais detalhada de suas abordagens.

No filme *Matrix* (Wachowski Brothers, 1999), um clássico dos gêneros ação e ficção científica, é retratado um planeta Terra dominado por máquinas, onde a realidade percebida pela maioria dos humanos é, na verdade, uma simulação criada por um computador chamado "*Matrix*". Esta simulação foi desenvolvida para manter a população humana em hibernação, utilizando o calor e a atividade elétrica de seus corpos como fonte de energia.

Em *Transcendence: A Revolução* (Pfister, 2014), um filme que mistura ação, drama, ficção científica e suspense, retrata a trajetória de um neurocientista especializado em IA que, após sofrer um atentado planejado por um grupo radical, se torna cobaia de um de seus próprios experimentos, tendo sua mente transferida para um supercomputador. Após conectar-se à *internet*, sua consciência começa a elaborar planos ambiciosos para o futuro da humanidade.

Por último, em *Ex-Machina: Instinto Artificial* (Garland, 2015), pertencente aos gêneros drama e ficção científica, conta a história de um jovem programador chamado Caleb, que ganha um concurso manipulado e recebe como prêmio a chance de testar um protótipo de inteligência artificial criado por seu chefe. À medida que os testes avançam, Caleb descobre

que a IA é tão sofisticada e imprevisível que ele não sabe mais se pode confiar no seu superior ou na máquina.

Hoje, a IA faz parte da rotina diária das pessoas, realizando tarefas e auxiliando na tomada de decisões. Por consequência, particularidades anteriormente consideradas humanas, como por exemplo: dirigir automóvel, escrever textos ou até mesmo realizar análise completa do mercado financeiro, podem ser atualmente atribuídas a uma ferramenta que faz uso de IA (Santos, 2019).

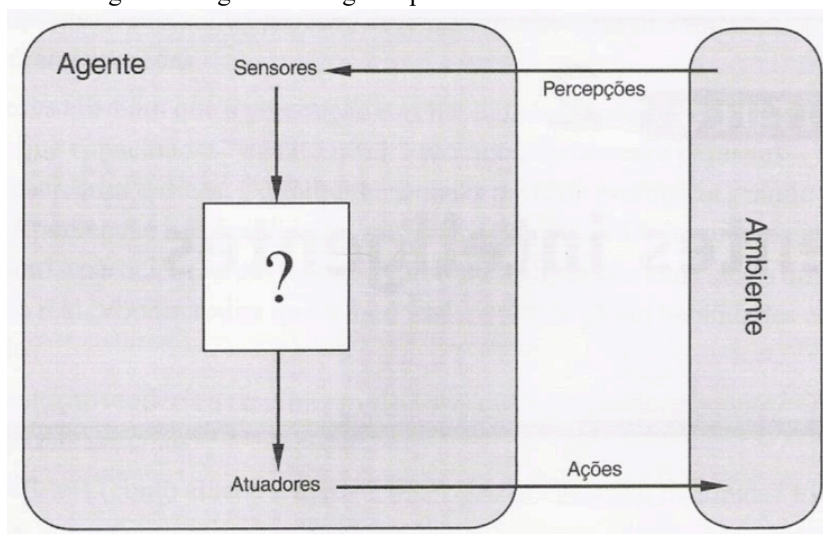
Portanto, com o intuito de diversificar as estratégias no desenvolvimento da IA e visando simular uma maior semelhança com a capacidade humana, foram elaboradas diversas técnicas de aprendizado de máquina no qual, serão exploradas algumas, a seguir.

2.2. Agentes inteligentes

A base da IA fundamenta-se em um conceito primordial: os agentes inteligentes. E para Norvig e Russell (2014) esses agentes inteligentes são entidades autônomas, que dispõe de uma base de conhecimento previamente fornecida e que são capazes de interagir com o meio em que estão. Esses agentes percebem seus ambientes através de sensores e atuam sobre esse ambiente por intermediação de atuadores, podendo ser observada na figura 1.

De acordo com a definição de Bogo (2000) um agente inteligente é um programa de *software* que auxilia o usuário na realização de determinada tarefa.

Figura 1 - Agente interagindo por meio de sensores e atuadores



Norvig e Russell (2014, p.63)

O termo agente é empregado para referir-se a uma entidade inteligente e autônoma. Nesse contexto, o atributo autônoma indica que cada agente possui uma existência independente, não condicionada à existência de outros agentes (Bogo, 2000).

Nesse aspecto, Norvig e Russell (2014) descrevem que podemos encontrar um agente robótico contendo câmeras e detectores da faixa de infravermelho, funcionando como sensores e vários motores como atuadores. Entretanto, um agente de *software*, que é o foco principal deste estudo, recebe sequência de comandos, tema diversos de notícias, artigos e conteúdo *web* como entradas sensoriais e atua sobre o ambiente exibindo algo na tela, seja por intermédio de interpretações de determinado assunto, seja através da análise gráfica ou direcionamento de propostas com as melhores soluções possíveis.

2.3. Aprendizado de máquina

Domingos (2017, p.9) enfatiza que o aprendizado de máquina é um subconjunto da IA. No qual, esses algoritmos desenvolvem um certo nível de conhecimento através dos dados que são fornecidos a eles. E quanto maior a quantidade de dados disponíveis, mais aprimorados e eficazes eles se tornam.

Ghani, Awais e Muzammul (2019) reforçam que o aprendizado de máquina consiste na utilização de algoritmos para estruturar dados, identificar padrões e permitir que computadores aprendam através desses modelos.

Domingos (2017) salienta que os algoritmos programam voos e também fornecem assistência à pilotos de aeronaves. Eles auxiliam no gerenciamento de fábricas, no comércio e na entrega de mercadorias, calculam os lucros e mantém os registros. Deste modo, se todos os algoritmos parassem de funcionar inesperadamente, o mundo e suas ideologias atuais chegariam ao fim.

Para Mokhtari, Yen e Liu (2021) as máquinas são treinadas para adquirir a capacidade de realizar diversas tarefas de maneira autônoma. Há modelos, por exemplo, que foram identificados ao longo desta pesquisa, que são treinados para organizar, selecionar e sugerir as melhores ações disponíveis no mercado financeiro.

Portanto, Domingos (2017, p.20) afirma que o homem está na era dos algoritmos, e essa palavra, pode ser definida como sendo uma sequência de instruções realizadas de maneira sistemática e com o objetivo de resolver um problema ou executar uma tarefa. No entanto, tempos atrás o termo algoritmo não significava nada para a maioria das pessoas. Porém, hoje, essas "simples linhas de códigos" integram quase tudo que se faz no mundo moderno e cada vez mais tecnológico dos dias atuais.

2.4. Mercado financeiro

Atualmente, os mercados financeiros exercem uma influência crucial na economia global, influenciando diretamente o sucesso ou declínio de um país. Apesar disso, oferecem oportunidades valiosas para o crescimento econômico, patrimonial e pessoal de indivíduos, empresas e nações ao redor do mundo (Corriga, 2022).

Essa possibilidade de crescimento financeiro através do mercado levou a realização de diversos estudos sobre o assunto. Entretanto, neste trabalho, é explorado uma das perspectivas sobre o tema, denominada previsão e desempenho do mercado financeiro.

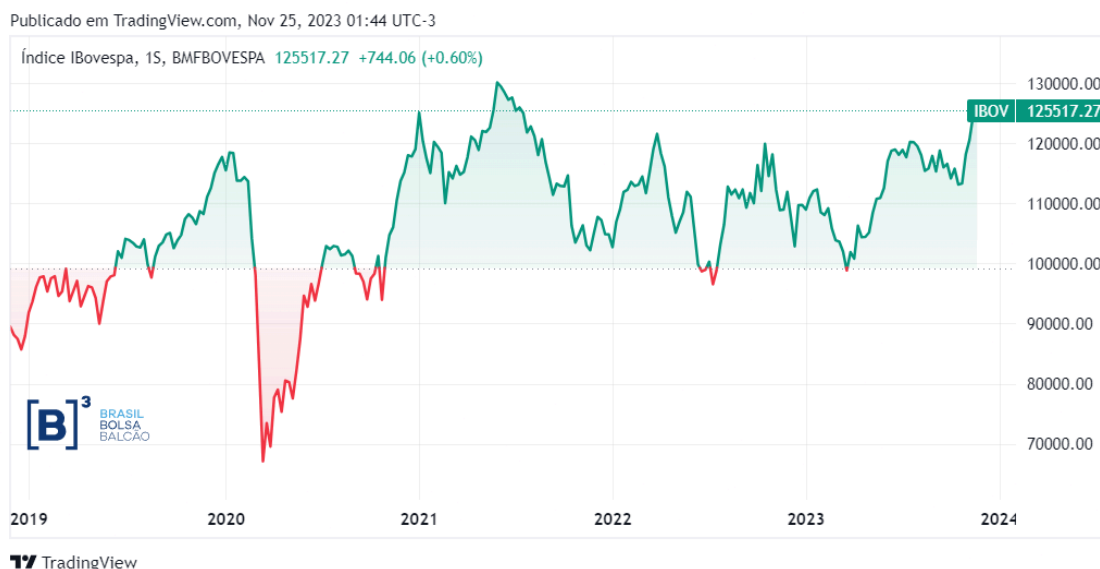
Seguindo esta tendência, Prechter e Frost (2017, p.2) enfatizam que a previsão do mercado financeiro é um desafio econômico, e que demonstra a capacidade produtiva total do homem. No entanto, trata-se de um ambiente sujeito a elevados níveis de volatilidade nos preços de ações¹ e ativos², impactando diretamente na rentabilidade dos investidores.

Essa instabilidade pode ser observada nas figuras 2 e 3, respectivamente, sendo a primeira um demonstrativo gráfico, dos últimos cinco anos, relacionado ao IBOV, também conhecido como Índice IBOVESPA. É o principal índice da bolsa de valores de São Paulo, denominada [B]³ - A sigla para Brasil, Bolsa e Balcão. E acompanha o desempenho das principais ações negociadas na própria [B]³. Atualmente, conta com 86 papéis de 83 empresas brasileiras e pode ser considerado como o indicador mais tradicional e mais antigo do mercado de ações no Brasil (B3, 2023).

¹ Denominação dada à menor fração de uma empresa quando essa divide seu capital social em montantes iguais.

² São intangíveis, como depósitos bancários, títulos e ações. Eles não são bens ou mercadorias e não possuem representação física além da documentação que os define.

Figura 2 - Desempenho do IBOV



Extraído da plataforma *TradingView*

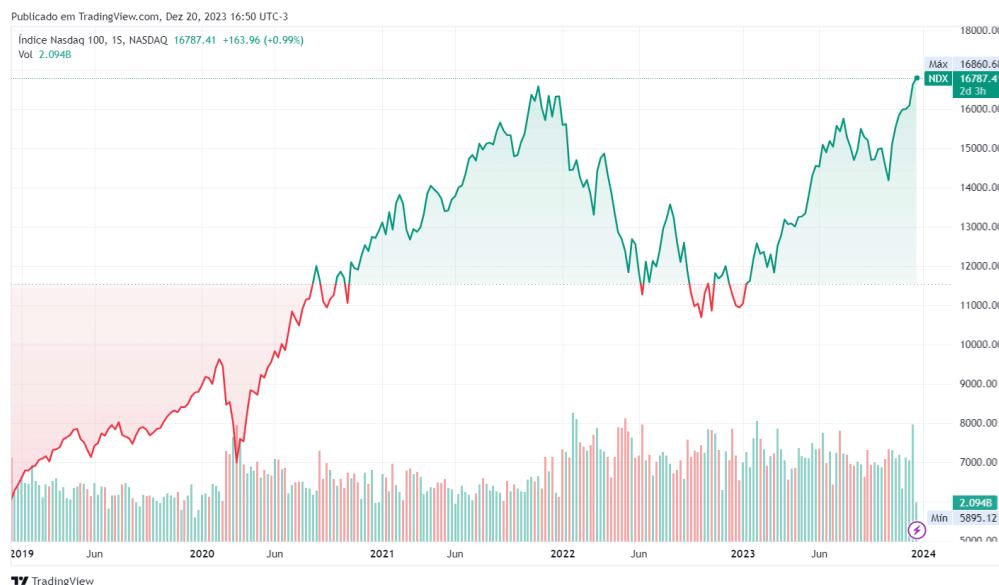
Merece destaque o fato de que a figura 2, encontra-se configurada para a visualização máxima e mínima do IBOV. Na qual, representa o sistema de pontos da bolsa de valores, onde cada ponto corresponde a um real e sempre que o índice ultrapassa o limite de cem mil pontos (100.000), o indicador de desempenho das ações é positiva e direciona o sistema financeiro para uma alta, abaixo desse valor a performance do setor é considerada negativa. Portanto, esse comportamento é apontado como um termômetro dos investidores com a economia brasileira.

Outro ponto relevante a ser mencionado são os períodos de baixa destacadas em vermelho no gráfico. Esses períodos começaram com um desempenho negativo em 2019 e seguiram com uma queda acentuada ao longo de 2020. Esse declínio do IBOVESPA pode ser explicado pelo início da pandemia de COVID-19, que impactou o mundo inteiro e também afetou o mercado financeiro.

E na figura 3, é apresentado o gráfico dos últimos cinco anos da NASDAQ-100 (NDX), mostrando seus valores máximos e mínimos. No qual, também foi impactado pela pandemia de COVID-19. Esse índice é constituído pelas 100 das maiores empresas não financeiras da bolsa eletrônica norte-americana, que é a segunda maior do mundo, perdendo somente para a bolsa de valores de *New York Stock Exchange* (NYSE), em capitalização de mercado. A NASDAQ transformou os mercados financeiros com a introdução do primeiro

mercado de ações eletrônico do mundo, que eliminou a necessidade de um pregão³ e negociações presenciais (B3, 2023).

Figura 3 - Desempenho da NDX



Extraído da plataforma *Trading View*

Observando as oscilações nos preços das ações, Rosa (2018) afirma que especialistas têm se empenhado em melhorar a análise e a compreensão do mercado financeiro, o que levou ao desenvolvimento de vários serviços de informações em tempo real, acessíveis gratuitamente no site da ANBIMA⁴ (Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais), e da própria [B]⁵, por exemplo. Além das ferramentas disponíveis através de assinaturas mensais para uma análise gráfica mais aprofundada, como é o caso das plataformas *TradingView*⁶ e *Valor PRO*⁷, que auxiliam na projeção de tendências e na tomada de decisões estratégicas.

Rosa (2018) afirma que atualmente, a grande maioria das transações e das observações são automatizadas e manipuladas por *softwares* especializados, como é o caso das plataformas de negociação *MetaTrader 5*⁸, *Robô Stark*⁹ e *Smart Bot*¹⁰, por exemplo, e por conta dessas e outras soluções, surgiram novas perspectivas para analisar e prever as tendências do mercado

³ Termo utilizado para se referir ao momento em que o mercado está aberto para investidores, traders e demais participantes.

⁴ https://www.anbima.com.br/pt_br/pagina-inicial.htm

⁵ https://www.b3.com.br/pt_br/institucional

⁶ <https://br.tradingview.com/>

⁷ <https://valorpro.globo.com/#/>

⁸ <https://www.metatrader5.com/pt/trading-platform>

⁹ <https://pages.quantana.com.br/codetrading-download-stark>

¹⁰ <https://smarttbot.com/>

de ações. Essa automatização facilitou o acesso ao sistema financeiro e promoveu uma experiência completa, inclusiva e interativa para os investidores.

A seguir serão destacadas algumas linhas de estudo a respeito da análise do mercado de ações, enfatizando as diferenças entre a análise fundamentalista e suas estratégias de investimento *buy and hold* e *value investing*.

2.5. Análise fundamentalista

Segundo Ferreira, Gandomi e Cardoso (2021), indicadores fundamentalistas são métricas financeiras e econômicas que avaliam o valor intrínseco de uma empresa e suas ações. Incluindo dados como: lucro por ação, relação preço/lucro, dividendos, fluxo de caixa, relatórios financeiros, sentimento público, entre outros. Esses dados fornecem informações valiosas sobre a saúde financeira da empresa e influenciam significativamente seus movimentos de desempenho. Investidores, analistas e agentes econômicos¹¹ os utilizam para embasar decisões de investimento, baseando-se na análise do valor real da empresa.

A métrica fundamentalista segundo a visão de Suhail *et al.*, (2022) é uma abordagem de investimento que envolve a análise macroeconômica e microeconômica da empresa. No qual, a primeira oferece uma visão geral do patamar econômico do país onde a companhia está situada. E a segunda, expõe a relação do empregador para com os seus colaboradores e consumidores. Essas análises são utilizadas para tomar decisões de investimentos a longo prazo, comparando o valor fundamental de um ativo com seu preço atual.

Para Aloud (2021) na análise fundamental, apenas algumas empresas são examinadas e com base em seus desempenhos são feitas projeções futuras e decisões são tomadas de acordo, porém sempre observando seu posicionamento em relação a agenda ambiental, social e de governança. No que se refere ao setor ambiental, destacam-se as empresas que atendem à crescente demanda por energia limpa. Na agenda social, sobressaem-se as companhias que mantêm bons relacionamentos com as comunidades locais, desenvolvendo projetos de capacitação e integração social. Na área de governança, a ênfase é dada à composição da gestão, aos principais acionistas e à representatividade em cada setor.

2.6. Estratégia *Buy and Hold*

Em conformidade com o pensamento de Aloud (2021) a estratégia de comprar e manter, conhecida como *buy and hold* ou (B&H), é uma abordagem de investimento na qual

¹¹ São pessoas físicas ou jurídicas que através das suas ações fazem o sistema econômico funcionar.

um ativo é adquirido, geralmente em ações na bolsa de valores ou fundos de investimentos¹², e mantido por um período prolongado, independentemente das flutuações no mercado. Realizando aporte financeiro¹³ mensais com o objetivo de construir um preço médio a longo prazo, aproveitando a volatilidade a seu favor.

Para Nobre *et al.*, (2022) na estratégia *buy and hold*, entende-se que os ganhos em períodos estendidos tendem a suavizar a instabilidade, a qual é mais evidente em intervalos mais curtos.

2.7. Investimento em valor (*Value Investing*)

Esta é uma das estratégias de investimentos consideradas fundamentalista, na qual as ações das empresas selecionadas para a aquisição estão a um preço abaixo do seu valor intrínseco naquele momento. No entanto, o investidor obtém a posse das ações com o intuito de aguardar sua valorização futura. E assim, construir uma carteira de ações¹⁴ pensando a longo prazo e possibilitando obter lucros acima da média do mercado (Fernandes *et al.*, 2023).

Os investidores que adotam a estratégia *value investing* em suas carteiras geralmente seguem uma abordagem fundamentalista. Isso implica em buscar ações de empresas cujos preços, após análises aprofundadas dos fundamentos da mesma, são considerados mais baixos em comparação com o potencial de longo prazo e crescimento desta empresa (Leandro, 2021).

¹² São uma forma simples e fácil para investir em diversos tipos de ativos, como ações, títulos públicos e até investimentos internacionais.

¹³ Consiste no investimento de recursos monetários em um ativo, visando obter retornos futuros.

¹⁴ É um conjunto de pedacinhos de empresas que foram escolhidas estrategicamente para buscar uma boa rentabilidade.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

A partir deste capítulo, analisaremos os procedimentos que foram seguidos para a elaboração de uma RSL, onde Kitchenham e Charters (2007) definem como sendo:

Um estudo secundário que utiliza uma metodologia bem definida para identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis relacionadas a uma questão de pesquisa específica de uma forma imparcial e até certo ponto, replicável (Kitchenham; Charters, 2007, p.7).

No referido estudo, é proposto a criação e preenchimento de um protocolo, que se constitui de um planejamento detalhado e organizado com o intuito de nortear a pesquisa. Sendo assim, foi utilizado o protocolo integrado à ferramenta *Escritha*¹⁵. Onde foi possível planejar, detalhar e produzir de forma otimizada, todos os requisitos apresentados por Kitchenham e Charters (2007). A ferramenta mencionada é uma plataforma nacional, que funciona através de assinatura *online* e tem como intuito principal, auxiliar no desenvolvimento de um trabalho acadêmico/científico.

3.1. Questões de pesquisa

Seguindo o estudo de Kitchenham, e com a finalidade de encontrar artigos relacionados ao tema estabelecido nesta RSL, foram elaboradas as seguintes questões de pesquisa:

- Q1: Quais são os desafios na negociação no mercado de ações?
- Q2: Quais são as vantagens de usar agentes inteligentes para esse mercado?
- Q3: Qual é o impacto das técnicas de IA no desempenho do mercado de ações?
- Q4: Quais os modelos de IA mais utilizados nas previsões do mercado de ações?

3.2. Estratégias de busca

A estratégia de busca foi dividida em três estágios: no primeiro, ocorreu a definição das palavras-chave demonstradas no quadro 1. Tendo como referência, as palavras chave do artigo Fernandes *et al.*, (2023), que serviu como base e modelo para ser reproduzido nesta revisão, realizando adaptações para incorporar a inteligência artificial na metodologia de pesquisa.

¹⁵ <https://escritha.com/>

Quadro 1 - Definição das palavras-chave

Palavras	Traduções	Sinônimos
<i>Fundamental analysis</i>	Análise fundamentalista	Análise fundamental
<i>Buy and hold</i>	Comprar e segurar	Comprar e manter ou (B&H)
<i>Value investing</i>	Investimento em valor	
<i>Artificial intelligence</i>	Inteligência artificial	IA

Elaboração própria

No segundo estágio, foram escolhidas as seguintes bases de dados como fontes para o estudo: Periódicos CAPES, *IEEE Digital Library*, *ISI Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*. Por fim, no terceiro estágio, foi definida a *string* de busca e o período a ser pesquisado. Foi utilizado, exclusivamente, documentos no formato de artigos e que atendem aos critérios de estudos considerados completos para serem analisados. Contudo, podemos observar de forma detalhada todas as informações sobre os dois últimos estágios através da tabela 1.

Para dar continuidade ao processo de pesquisa e extração de resultados pertinentes, foi identificada a necessidade de uma adaptação na *string* original na base da (*IEEE Digital Library*), pois a mesma, estava retornando trabalhos totalmente fora do escopo desta RSL, como por exemplo: Mamdouh, Ezzat e Hefny (2020), um estudo sobre recursos aeroportuários e Al-Azawi (2022), onde aborda anormalidade cerebral - Ambos exploram o campo da IA conhecido como aprendizado de máquina, mas fora do âmbito financeiro. Contudo, após os devidos ajustes foram encontradas publicações relevantes e dentro do tema abordado nesta revisão.

Outro aspecto relevante a ser mencionado foram as buscas nas bases de dados que aconteceram entre os meses de setembro a dezembro de 2023, por intermédio da utilização do *email* institucional, para obter de forma completa e gratuita os conteúdos disponíveis no acervo do Portal de Periódicos da CAPES, juntamente com todas as outras bases científicas utilizadas, que foram: *IEEE Digital Library*, *ISI Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*.

Tabela 1 - Apresentação da estratégia de busca

Base de dados	<i>String</i> de busca	Período	Número quantitativo
Periódicos CAPES	"análise fundamentalista" OR "fundamental analysis" AND "buy and hold" OR "value investing" AND "artificial intelligence" OR "inteligência artificial"	2018 a 2023	205
<i>IEEE Digital Library</i>	("All Metadata": "mercado de ações") OR ("All Metadata": "stock market") NOT ("All Metadata": "análise fundamentalista") NOT ("All Metadata": "fundamental analysis") NOT ("All Metadata": "buy and hold") NOT ("All Metadata": "value investing") AND ("All Metadata": "artificial intelligence") OR ("All Metadata": "inteligência artificial")		73
<i>ISI Web of Science</i>	análise fundamentalista OR fundamental analysis AND buy and hold OR value investing AND artificial intelligence OR inteligência artificial		141
<i>Scopus</i>	("análise fundamentalista" OR "fundamental analysis") AND ("buy and hold" OR "value investing") AND ("artificial intelligence" OR "inteligência artificial")		31
<i>Google Scholar</i>	("análise fundamentalista" OR "fundamental analysis") AND ("buy and hold" OR "value investing") AND ("artificial intelligence" OR "inteligência artificial")		590

Elaboração própria

3.3. Critérios de inclusão e exclusão

Com a finalidade de excluir trabalhos fora da curva de pesquisa que poderiam invalidar os resultados das buscas nas bases definidas, foi elaborada a tabela apresentada no quadro 2, com os critérios de inclusão e exclusão. Com o objetivo de nortear, aprimorar e selecionar os melhores artigos que abordem o tema principal desta revisão sistemática da literatura.

Quadro 2 - Critérios de seleção

Inclusão	Exclusão
Estar dentro da margem temporal dos últimos 6 anos (2018 a 2023)	Estudos que apresentem o mercado financeiro em sua totalidade
Pertencer aos idiomas: Inglês e Português	Estudos que apresentem IA fora do setor financeiro
Estudos revisados por pares	Artigos curtos (<i>full paper</i>)
Estudos que abordem o mercado financeiro com foco no setor de ações, usando IA	
Estudos que enfatizam indicadores fundamentalistas	

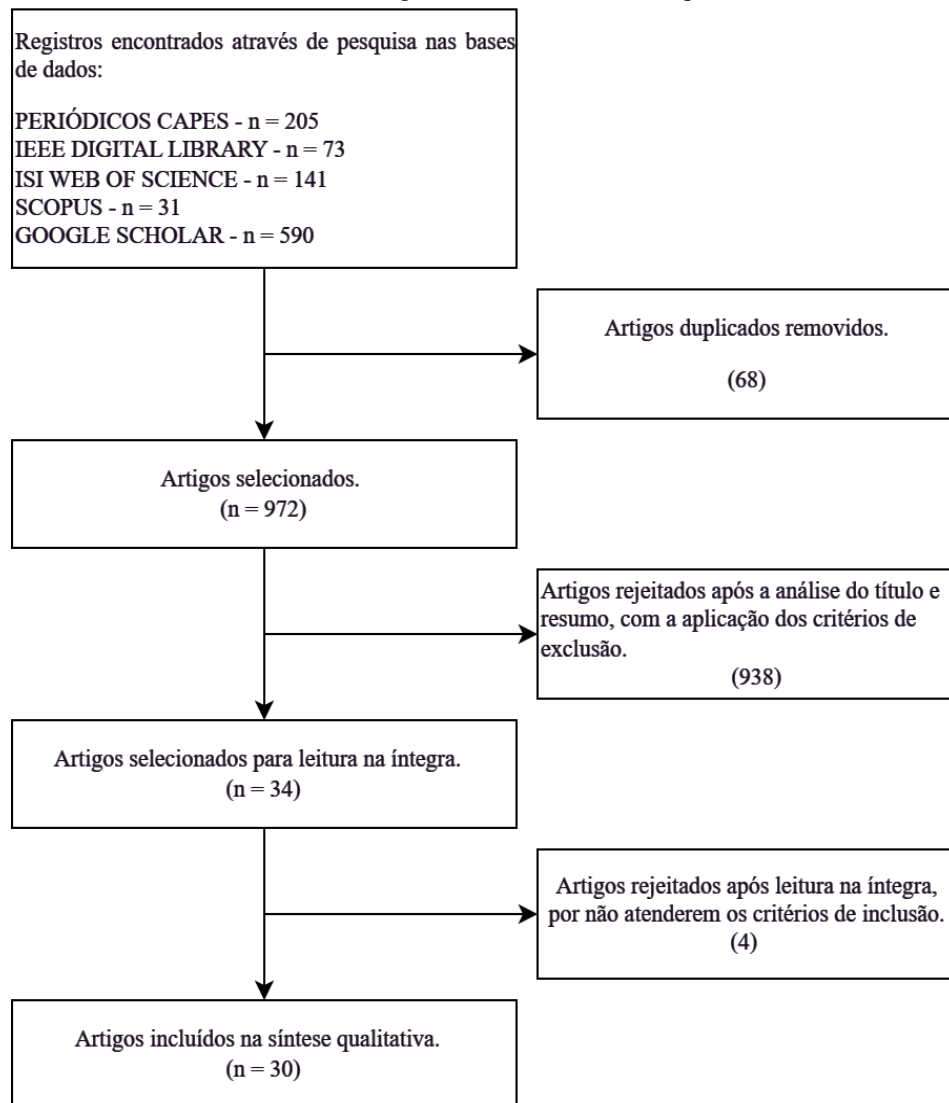
Elaboração própria

3.4. Critérios para seleção dos estudos e identificação de qualidade

Para encontrar artigos que abordassem o tema desta RSL, foram estabelecidos os seguintes critérios: a) Se o estudo trata especificamente do setor de ações; b) Se o estudo evidencia o uso da IA; e c) Se o estudo enfatiza indicadores fundamentalistas. Após a análise individual de cada trabalho, foi possível garantir que todos atendiam aos critérios preestabelecidos.

O gráfico 1 apresenta o fluxograma, baseado no modelo prisma, que ilustra o processo de seleção dos artigos. Ele detalha todas as etapas da triagem, incluindo a soma dos estudos selecionados.

Gráfico 1 - Fluxograma baseado no modelo prisma



Elaboração própria

3.5. Resultado da avaliação de qualidade

Conforme apresentado na subseção 3.4, foram estabelecidos três critérios de qualidade. No qual, serão detalhados a seguir.

a) Se o estudo trata especificamente do setor de ações.

Sim, essa informação pode ser observada tanto nos trinta artigos selecionados quanto nas figuras 2 e 3 da subseção 2.4, que mostram graficamente o desempenho das principais ações negociadas na [B]³ e na NDX, respectivamente.

b) Se o estudo evidencia o uso da IA.

Sim, todos os trinta trabalhos selecionados abordam técnicas de IA para prever os preços dos ativos e suas tendências.

c) Se o estudo enfatiza indicadores fundamentalistas.

Sim, todos os artigos incluídos na síntese qualitativa evidenciam em suas abordagens, a estratégia de investimento fundamentalista, que se concentra em obter retornos financeiros a longo prazo.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. Detalhamento dos artigos selecionados

Nesta subseção, além das tabelas que listam os artigos selecionados, organizados por ano de publicação, são abordados de forma concisa os detalhes de cada estudo escolhido. Com o intuito de oferecer uma breve noção e estimular a leitura subsequente do material. Sendo assim, a tabela 2 contém apenas o A01, totalizando um artigo publicado em 2018.

Tabela 2 - Quantidade de artigos selecionados em 2018

Ano	Quantidade	Trabalhos	Modelos de IA
2018	1	A01 - Chen <i>et al.</i> , (2018)	<i>Deep learning</i> , Rede neural e Séries temporais

Elaboração própria

A publicação **A01** - Chen *et al.*, (2018), intitulada com tradução deste autor "Qual algoritmo de inteligência artificial prevê melhor o mercado de ações chinês?", tem o objetivo de propor uma melhor eficiência dos dados usados para antecipar resultados financeiros combinado estes com modelos de previsões de mercado usando aprendizagem profunda.

E para isso, utilizou o *autoencoder*, um tipo de rede neural artificial usada para aprender codificações eficientes de dados. E a máquina *Boltzmann* restrita, um modelo de gerador gráfico, não supervisionado, probabilístico e baseado em energia. Ambos mais eficientes, comparados com os métodos quantitativos tradicionais de previsões financeiras.

Os resultados mostraram que o uso de um modelo de previsão baseado em *deep learning* (DL) e dados de séries temporais fornecem previsões precisas, e a precisão fica melhor à medida que o banco de dados aumenta.

Na sequência, a tabela 3 lista os trabalhos A02 e A03, totalizando duas publicações em 2019.

Tabela 3 - Quantidade de artigos selecionados em 2019

Ano	Quantidade	Trabalhos	Modelos de IA
2019	2	A02 - Ghani, Awais e Muzammul (2019)	Regressão linear
		A03 - Fazeli (2019)	<i>Deep learning</i> e Rede neural

Elaboração própria

A publicação **A02** - Ghani, Awais e Muzammul (2019), intitulada com tradução deste autor "Previsão do mercado de ações usando algoritmos de aprendizado de máquina", discute o uso da regressão linear, média móvel e suavização exponencial, onde esses algoritmos foram aplicados para analisar dados históricos do mercado de ações e prever tendências futuras. Para isso, foram realizadas análises gráficas e cálculos de estimativas com base nos dados históricos do mercado financeiro, entre os meses de janeiro a julho de 2019.

Como resultado, a pesquisa destaca a importância da análise de dados para variações precisas no mercado de ações, com ênfase na utilização de algoritmos de aprendizado de máquina, como a regressão linear e a suavização exponencial, para prever tendências futuras com base em dados históricos. E destacou a suavização exponencial como sendo a mais precisa e com erros menores, tornando o algoritmo mais eficaz para previsão de tendências do mercado de ações.

A publicação **A03** - Fazeli (2019), intitulada com tradução deste autor "Usando *deep learning* para prever tendências de ações", tem o objetivo de prever os retornos das ações usando *deep learning* em conjunto com indicadores fundamentalistas. O autor desenvolveu uma série de redes LSTM (memória de longo prazo) e testou diferentes arquiteturas para melhorar o desempenho. Em vez de prever os preços das ações, eles se concentraram em prever as tendências e testaram a lucratividade do modelo usando *backtesting*, que é uma abordagem que utiliza informações passadas pertinentes para prever o desfecho de resultados de eventos futuros.

Os dados usados para testar a previsibilidade das tendências do mercado de ações foram os históricos de preços das empresas *Apple*, *Google*, *Intel* e *Microsoft*. O autor usou uma combinação de dados brutos de preços de ações diárias, juntamente com indicadores fundamentais preestabelecidos.

O texto ainda revela nos resultados que, por meio do uso da rede neural LSTM em combinação com indicadores fundamentalistas, eles conseguiram prever com sucesso a tendência do mercado de ações com uma precisão média de 65,77%. O autor também afirma que, em comparação com a previsão do preço das ações, a previsão de tendências gera melhores resultados de lucratividade no *backtesting*.

Na sequência, a tabela 4 lista os trabalhos A04, A05, A06, A07 e A08, totalizando cinco publicações em 2020.

Tabela 4 - Quantidade de artigos selecionados em 2020

Ano	Quantidade	Trabalhos	Modelos de IA
2020	5	A04 - Li e Bastos (2020)	Rede neural
		A05 - Chung e Shin (2020)	Algoritmo genético, Rede neural e Redes neurais convolucionais
		A06 - Nabipour <i>et al.</i> , (2020)	Rede neural
		A07 - Yuan <i>et al.</i> , (2020)	Floresta aleatória e Rede neural
		A08 - Khan <i>et al.</i> , (2020)	Floresta aleatória

Elaboração própria

A publicação **A04** - Li e Bastos (2020), intitulada com tradução deste autor "Previsão do mercado de ações usando aprendizado profundo e análise fundamental: uma revisão sistemática", busca analisar diferentes abordagens e metodologias utilizadas para prever tendências e preços do mercado de ações, destacando o uso de redes neurais e análise de sentimento.

As discussões foram conduzidas considerando quatro perspectivas-chave: técnicas de previsão, estratégias de negociação, métricas de rentabilidade e gestão de risco. Além da análise de 34 artigos sobre previsão de séries financeiras temporais usando aprendizado profundo.

Os resultados encontrados incluem a constatação de que apenas 35,3% dos estudos avaliaram a lucratividade, e apenas dois artigos abordaram a gestão de riscos. Isso foi destacado como uma área importante para melhoria em futuras pesquisas. Em relação às técnicas de previsão utilizadas, os modelos LSTM foram considerados como uma escolha popular para previsão de séries temporais financeiras, devido à sua capacidade de capturar padrões complexos em dados sequenciais, além de permitir que informações relevantes sejam mantidas por períodos mais longos.

A publicação **A05** - Chung e Shin (2020), intitulada com tradução deste autor "Rede neural convolucional multicanal otimizada por algoritmo genético para previsão do mercado de ações", aborda a aplicação de algoritmos de aprendizagem profunda, como redes neurais convolucionais (CNNs), na previsão de flutuações no índice de ações. Também discute a ampla utilização de técnicas de IA em vários campos, especialmente em visão computacional e no processamento de linguagem natural, bem como as vantagens e desvantagens da aplicação desses modelos em previsão de séries temporais.

A metodologia utilizada no artigo consiste na aplicação de algoritmos de aprendizagem profunda, especificamente nas CNNs, para prever flutuações no índice de ações. Para otimizar os parâmetros do modelo CNN, os autores propõem a utilização do algoritmo genético (GA).

Os resultados mostram que a metodologia proposta, que envolve a utilização de redes neurais convolucionais otimizadas por algoritmo genético é uma técnica eficaz para prever flutuações no índice das ações e apresentou um desempenho superior em relação a outros modelos comparáveis, como redes neurais artificiais (ANNs) e CNNs não otimizadas, alcançando uma precisão de 73,74% na previsão dos dados de teste.

A publicação **A06** - Nabipour *et al.*, (2020), intitulada com tradução deste autor "Previsão de tendências do mercado de ações usando algoritmos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo por meio de dados contínuos e binários; uma análise comparativa", discute prever tendências de mercado de forma mais precisa.

A metodologia consiste em escolher quatro grupos diferentes do mercado de ações de Teerã, capital do Irã, para uma avaliação experimental. O estudo compara modelos de aprendizado de máquina e métodos de aprendizado profundo, que são: rede neural recorrente e memória de longo prazo.

O resultado mostrou que entre os modelos de previsão avaliados, o desempenho do método de aprendizado profundo LSTM, foi melhor em comparação com os modelos de aprendizado de máquina para prever as tendências do mercado de ações.

A publicação **A07** - Yuan *et al.*, (2020), intitulada com tradução deste autor "Modelos integrados de seleção de ações de longo prazo com base na seleção de recursos e algoritmos de aprendizado de máquina para o mercado de ações da China", discute o desenvolvimento de modelos integrados para prever o mercado de ações com eficiência.

A metodologia envolve a extração de recursos de dez categorias diferentes, seguida pela seleção de recursos usando o método MIFS (máxima relevância mínima redundância), que elimina recursos irrelevantes e redundantes. Em seguida, os modelos são construídos usando algoritmos de aprendizado de máquina, incluindo SVM (máquinas de vetor de suporte), rede neural artificial e floresta aleatória.

O estudo mostrou que o modelo integrado baseado em algoritmo de floresta aleatória é mais eficaz do que os outros modelos estudados, com forte rentabilidade e previsibilidade a longo prazo.

A publicação **A08** - Khan *et al.*, (2020), intitulada com tradução deste autor "Previsão do mercado de ações usando classificadores de aprendizado de máquina, mídias sociais e notícias", tem como objetivo apresentar um sistema de suporte à decisão automatizado que utiliza técnicas de aprendizado de máquina para prever o comportamento do mercado de ações a partir de dados de notícias financeiras e mídias sociais.

A metodologia envolve a coleta de dados de notícias financeiras, dados de mídia social e dados de preços de ações, seguida pelo pré-processamento desses dados e extração de recursos relevantes para a modelagem. Além de utilizar diferentes técnicas de aprendizado de máquina para criar modelos de previsão, como máquinas de vetores de suporte, floresta aleatória e redes neurais artificiais. Cada técnica é avaliada individualmente para comparar os seus desempenhos.

Os resultados mostram que a inclusão de dados de mídia social e notícias financeiras aumenta a precisão dos modelos de previsão em comparação com os modelos que usam apenas dados de preços de ações. Entre as técnicas usadas, foi destacada a floresta aleatória, como o modelo que obteve o melhor desempenho em prever o comportamento do mercado de ações. Além disso, os resultados indicam que a inclusão de dados de mídia social e notícias financeiras reduz o tempo necessário para obter lucros significativos no mercado de ações.

Na sequência, a tabela 5 lista os trabalhos A09, A10, A11, A12, A13, A14, A15 e A16, totalizando oito publicações em 2021.

Tabela 5 - Quantidade de artigos selecionados em 2021

Ano	Quantidade	Trabalhos	Modelos de IA
2021	8	A09 - Ferreira, Gandomi e Cardoso (2021)	Processamento de linguagem natural
		A10 - Mokhtari, Yen e Liu (2021)	Árvore de decisão, Floresta aleatória e Rede neural
		A11 - Leandro (2021)	Rede neural
		A12 - Aloud (2021)	Floresta aleatória
		A13 - Kumar, Jain e Singh (2021)	Algoritmo genético, Lógica difusa, Mineração de texto e Rede neural
		A14 - Chandar (2021)	Algoritmo genético e Rede neural
		A15 - Prachyachuwong e Vateekul (2021)	Processamento de linguagem natural e Rede neural
		A16 - Zheng <i>et al.</i> , (2021)	Regressão linear

Elaboração própria

A publicação **A09** - Ferreira, Gandomi e Cardoso (2021), intitulada com tradução deste autor "Inteligência artificial aplicada à negociação no mercado de ações: uma revisão", tem o objetivo de abordar aplicações de IA no setor financeiro. E para isso, segmentou os artigos encontrados em quatro grandes categorias: otimização de portfólio, previsão do mercado de ações usando IA, análise de sentimento financeiro e combinações envolvendo duas ou mais abordagens. Como forma de mapear como a IA auxilia no desenvolvimento de cada uma dessas áreas. Além de abordar a importância da análise de sentimentos em fontes

como notícias e redes sociais, sobre determinadas empresas, com o intuito de identificar possíveis tendências do mercado financeiro.

Esta revisão contou apenas com a análise de artigos do site *Scopus*. E trouxe como resultado a evidência de que a combinação de medidas, como análise de sentimento e indicadores fundamentalistas, tem se mostrado superior a métodos únicos na previsão do mercado de ações. Pois, a integração de dados do mercado com dados textuais contribui para melhorar o desenho dos modelos de IA, em comparação com o uso de apenas dados numéricos do mercado.

A publicação **A10** - Mokhtari, Yen e Liu (2021), intitulada com tradução deste autor "Eficácia da inteligência artificial na previsão do mercado de ações baseada em aprendizado de máquina", compara abordagens de análise técnica e fundamental e avaliação do desempenho de vários algoritmos de aprendizado de máquina, na previsão de preços de ações.

A metodologia utiliza uma variedade de algoritmos de aprendizado de máquina, como regressão logística, floresta aleatória, árvore de decisão e redes neurais artificiais, para comparar seus desempenhos no mercado de ações. Os dados utilizados são adquiridos em tempo real e o objetivo é avaliar a precisão dos sinais de compra/venda e manutenção de ações especificadas pelos investidores.

Os resultados sugerem que os algoritmos de aprendizado de máquina têm muito potencial na previsão do mercado de ações. E a combinação da análise técnicas e análise fundamental podem melhorar a precisão das operações financeiras. Além disso, o estudo destaca a importância das abordagens híbridas para as previsões dos preços das ações.

A publicação **A11** - Leandro (2021), denominada "Aplicação de redes neurais LSTM para previsão de séries temporais financeiras", tem como objetivo realizar a previsão de alta ou baixa do mercado financeiro, utilizando uma rede neural LSTM e o gráfico de *renko*¹⁶ como dados de entrada.

A metodologia consiste em utilizar uma rede neural LSTM, a partir dos dados de entrada obtidos do gráfico de *renko*. Os autores utilizaram dados históricos das companhias: GOLL4, CSNA3, ELET3, B3SA3, PETR4 e VALE3, obtidos na plataforma de negociação *MetaTrader 5*¹⁷, entre janeiro de 2019 a julho de 2021, para validar a eficácia de sua metodologia.

¹⁶ Exclui as variáveis tempo e volume negociado e se concentra somente sobre a variação dos preços dos ativos.

¹⁷ Plataforma gratuita de negociação.

De acordo com os testes realizados, a rede neural LSTM é capaz de prever a direção do próximo movimento do mercado financeiro com uma taxa de acerto de aproximadamente 67%, o que é considerado um resultado satisfatório.

A publicação **A12** - Aloud (2021), intitulada com tradução deste autor "Projetando estratégias para agentes autônomos de negociação de ações usando uma abordagem de floresta aleatória", tem o objetivo de apresentar um processo sistemático para projetar agentes inteligentes de negociação de ações usando a abordagem do algoritmo floresta aleatória, com foco em orientar desenvolvedores e profissionais na construção de agentes de negociação eficazes para os mercados financeiros.

O artigo propõe uma metodologia que inclui etapas como pré-processamento de dados, segmentação de séries temporais e redução de dimensionalidade para projetar agentes autônomos de negociação de ações. Como resultado, o trabalho destaca que o agente de negociação autônomo desenvolvido utilizando o algoritmo floresta aleatória superou outras estratégias de negociação, como por exemplo: a estratégia *buy and hold* e programação genética (GP), em termos de retorno sobre investimento (ROI)¹⁸. Além disso, o estudo ressalta a importância da seleção de atributos e do pré-processamento de dados para melhorar o desempenho da estratégia de negociação.

A publicação **A13** - Kumar, Jain e Singh (2021), intitulada com tradução deste autor "Previsão do mercado de ações usando inteligência computacional: uma pesquisa", além do que o título já sugere, visa apresentar uma ampla variedade de abordagens e técnicas utilizadas para resolver problemas financeiros. A pesquisa demonstra algumas abordagens de inteligência computacional, como redes neurais artificiais, lógica difusa, algoritmos genéticos e mineração de texto para previsões do mercado de ações.

Os resultados encontrados indicam que, embora as técnicas de inteligência computacional tenham sido amplamente aplicadas na previsões do mercado de ações, o desenvolvimento de modelos precisos é um desafio persistente. Pois, mesmo com uma variedade de técnicas disponíveis, nenhum método único se destacou na comparação entre os outros casos. A escolha da técnica apropriada depende das características do conjunto de dados e do contexto do problema de previsão.

A publicação **A14** - Chandar (2021), intitulada com tradução deste autor "Modelos híbridos para previsão intradiária de preços de ações baseados em redes neurais artificiais e algoritmos metaheurísticos", aborda o desafio na previsão do mercado de ações utilizando

¹⁸ É o retorno sobre o investimento, um dos principais indicadores financeiros que uma empresa pode utilizar para avaliar a eficácia dos investimentos.

dois modelos de IA, as redes neurais artificiais (RNAs) e os algoritmos inspirados na natureza.

A metodologia envolve a utilização de modelos híbridos que combinam RNAs com GA, e colônia artificial de abelhas (ABC), para a previsão intradiária de preços de ações. Os modelos propostos foram validados em diferentes setores do mercado. O artigo destaca que vários modelos híbridos, combinando algoritmos inspirados na natureza e aprendizagem automática, mostraram resultados promissores na previsão do mercado de ações.

A publicação **A15** - Prachyachuwong e Vateekul (2021), intitulada com tradução deste autor "Previsão de tendências de ações usando abordagem de aprendizagem profunda em indicadores fundamentais e informações específicas da indústria", além do que o título já deixa claro em sua proposta, foi realizado um estudo com os dados disponíveis da bolsa de valores da Tailândia, usando informações numéricas e textuais.

A metodologia é baseada em uma abordagem de *deep learning* que considera dados numéricos e textuais para a previsão de tendências do mercado de ações. As informações textuais incluem notícias diárias coletadas de diferentes fontes, processadas usando técnicas de processamento de linguagem natural (PLN) e incorporadas a redes neurais.

Os resultados experimentais mostraram que o modelo proposto foi significativamente melhor do que outras técnicas de previsão de mercado de ações existentes. Além disso, o artigo mostra que as informações textuais têm um efeito positivo superando o modelo que usa apenas informações numéricas.

A publicação **A16** - Zheng *et al.*, (2021), intitulada com tradução deste autor "A previsão do índice de ações baseada no modelo SVM com algoritmo de otimização do morcego", discute um modelo preciso de previsão do mercado de ações que possa ser utilizado por investidores individuais e institucionais para tomar decisões de investimento com base em dados. A metodologia inclui a aplicação do algoritmo do morcego, para a otimização de parâmetros livres do modelo de máquina de vetores de suporte (SVR).

Os resultados mostram que o algoritmo do morcego pode melhorar significativamente a precisão da previsão do modelo SVR, especialmente em projetos de curto prazo. Além disso, as previsões precisas do preço do índice de ações podem ser uma ferramenta eficaz para a gestão de riscos e a diversificação de portfólio, o que pode fornecer benefícios para os investidores individuais e institucionais.

Na sequência, a tabela 6 lista os trabalhos A17, A18, A19, A20, A21, A22 e A23, totalizando sete publicações em 2022.

Tabela 6 - Quantidade de artigos selecionados em 2022

Ano	Quantidade	Trabalhos	Modelos de IA
2022	7	A17 - Kabbani e Duman (2022)	Rede neural profunda
		A18 - Ansari <i>et al.</i> , (2022)	Algoritmos evolutivos e Rede neural profunda
		A19 - Aldhyani e Alzahrani (2022)	Redes neurais convolucionais
		A20 - Thakkar e Chaudhari (2022)	Algoritmo genético
		A21 - Suhail <i>et al.</i> , (2022)	Aprendizado por reforço
		A22 - Fathali, Kodia e Said (2022)	Rede neural profunda
		A23 - Nobre <i>et al.</i> , (2022)	Séries temporais

Elaboração própria

A publicação **A17** - Kabbani e Duman (2022), intitulada com tradução deste autor "Abordagem de aprendizagem por reforço profundo para automação comercial no mercado de ações", discute a automação comercial no mercado de ações, utilizando indicadores fundamentais e análise de sentimento.

E para obter bons resultados foi utilizado o *deep reinforcement learning* (DRL), uma rede neural profunda na qual um agente aprende a tomar decisões sequenciais em um ambiente por meio de tentativa e erro, juntamente com o algoritmo *twin delayed deep deterministic policy gradient* (TD3). No qual, influencia o desempenho do modelo ao oferecer uma solução que integra processos de previsão e tomada de decisão para automatizar a negociação no mercado de ações.

O resultado mostrou que a abordagem empregada visa otimizar a alocação de capital entre ativos selecionados, combinando a previsão de preços e a tomada de decisões por meio do DRL. Além de destacar a eficácia do DRL em superar métodos de aprendizagem supervisionados em mercados financeiros.

A publicação **A18** - Ansari *et al.*, (2022), intitulada com tradução deste autor "Um sistema de apoio à decisão baseado em aprendizado de reforço profundo para negociação automatizada no mercado de ações", tem o objetivo de desenvolver um sistema de suporte à decisão com base em aprendizado por reforço.

E para isso, revisa e compara diferentes métodos de análise fundamental de dados financeiros, como métodos estatísticos, métodos de aprendizado de máquina tradicionais e métodos de aprendizado de máquina profundo, otimizados por algoritmos evolutivos. O estudo foi conduzido em um conjunto de dados do mercado de ações para verificar a eficácia do sistema proposto.

A conclusão mostra que o uso de técnicas de aprendizado de máquina, como redes neurais profundas e algoritmos evolutivos, podem ajudar a lidar com a volatilidade do mercado de ações e fornecer modelos precisos para ajudar na tomada de decisões. O estudo também destaca a importância de validar os resultados encontrados por agentes inteligentes em diferentes cenários e ajustar os parâmetros adequadamente para melhorar a eficácia do sistema.

A publicação **A19** - Aldhyani e Alzahrani (2022), intitulada com tradução deste autor "Estrutura para previsão e modelagem de preços do mercado de ações com base em algoritmos de aprendizado profundo", tem o objetivo de confrontar estruturas inteligentes para prever a direção na qual, os preços do mercado de ações se moverão com base em séries temporais financeiras, como dados, por exemplo.

E para tal comparação foram realizadas abordagens de aprendizagem profunda baseada em uma estrutura que utiliza LSTM e CNN, para prever os preços de fechamento das empresas, *Tesla e Apple*.

Os resultados mostram que entre os dois modelos de aprendizagem profunda mencionados, a combinação entre eles (CNN e LSTM) apresentaram um desempenho superior em comparação com o modelo LSTM.

A publicação **A20** - Thakkar e Chaudhari (2022), intitulada com tradução deste autor "Algoritmo genético baseado em fusão de informações com memória de longo e curto prazo para preços de ações e previsão de tendências", tem como objetivo explorar e demonstrar a eficácia do algoritmo genético baseado em fusão de informações, para aprimorar a previsão

de tendências dos preços das ações. O estudo também explora a importância da diversidade genética em abordagens computacionais, utilizando a diversificação no campo da fusão de informações.

O resultado destaca um desempenho aprimorado na previsão de tendências de preços de ações, ao utilizar o algoritmo genético baseado em fusão de informações.

A publicação **A21** - Suhail *et al.*, (2022), intitulada com tradução deste autor "Negociação no mercado de ações com base em sentimentos de mercado e aprendizado por reforço", discute o uso da análise de sentimentos em textos de mídia social por meio de um modelo baseado em regras, aprendizado por reforço e o impacto das notícias nos valores das ações, com o intuito de detectar tendências nos preços.

E para isso, o trabalho apresenta a ferramenta de análise de sentimento de código aberto conhecida como VADER¹⁹, que é usada para analisar o processamento de linguagem natural dos textos. Além de três cenários comparativos: modelo de referência, aprendizado por reforço sem entrada de sentimentos e aprendizado por reforço com entrada de sentimentos.

Os resultados mostram que o aprendizado por reforço com entrada de sentimentos supera os outros cenários. O estudo também salienta que os investidores podem maximizar os lucros usando a análise de sentimento das notícias diárias do mercado para tomar decisões comerciais.

A publicação **A22** - Fathali, Kodia e Said (2022), intitulada com tradução deste autor "Previsão do mercado de ações do índice NIFTY 50 aplicando técnicas de aprendizado de máquina", tem o objetivo de discutir o uso de redes neurais profundas para análise e previsão do índice NIFTY 50 na bolsa de valores da Índia. Além de trazer uma análise comparativa usando diferentes métricas de avaliação, mostrando que a seleção de recursos e otimização de hiperparâmetros tem grande impacto na qualidade da previsão. Os tipos de redes neurais utilizados para prever as tendências futuras dos preços das ações são: LSTM e CNN.

Os resultados indicam que os modelos, CNN e LSTM, têm desempenhos diferentes na previsão dos preços, sendo que a seleção de recursos e a otimização de hiperparâmetros afetam significativamente a qualidade da previsão. Os resultados também mostraram que os erros no modelo LSTM foram menores em comparação com o CNN.

A publicação **A23** - Nobre *et al.*, (2022), intitulada com tradução deste autor "AURORA: um serviço de negociação híbrido autônomo orientado a agentes", tem o objetivo

¹⁹ Ferramenta de código aberto para análise de sentimentos baseada em léxico e regras específicas para avaliar emoções, sendo particularmente ajustada para sentimentos expressos em mídias sociais.

de discutir a fusão de aprendizado de máquina e seleção de portfólio para o processo de decisões em negociações financeiras, além de propor um serviço confiável baseado em análises técnicas e fundamentalistas com precisão e estabilidade.

Para isso, o trabalho propõe a AURORA: um serviço híbrido para negociação de ações no mercado financeiro, utilizando uma abordagem baseada em agentes autônomos. Além de utilizar séries temporais de dados históricos de ativos. O serviço foi projetado em três módulos: um módulo preditor que pode prever os movimentos das ações; um módulo de gerenciamento de risco para lidar com a volatilidade do mercado; e um módulo de agente, um atuador racional que visa alocar os recursos disponíveis ao agente e agir sobre eles.

Os resultados experimentais encontrados indicam que o serviço de negociação independente AURORA apresentou bons resultados na previsão de preços de ações e na geração de lucros, com uma precisão superior a 82,86% no pior caso e 89,23% no melhor caso. Além de atingir uma rentabilidade de 11,74%, superando investimentos de renda fixa, como a poupança, por exemplo. O artigo também destacou a importância da análise técnica e fundamental na previsão de movimentos de ações e ressalta a inovação e eficácia da AURORA no campo da negociação no mercado de ações.

Na sequência, a tabela 7 lista os trabalhos A24, A25, A26, A27, A28, A29 e A30, totalizando sete publicações em 2023.

Tabela 7 - Quantidade de artigos selecionados em 2023

Ano	Quantidade	Trabalhos	Modelos de IA
2023	7	A24 - Rahmani <i>et al.</i> , (2023)	<i>Deep learning</i> e Mineração de texto
		A25 - Khattak <i>et al.</i> , (2023)	Árvore de decisão, Algoritmo genético, Rede neural e Sistemas <i>fuzzy</i>
		A26 - Lee e Moon (2023)	Aprendizado por reforço
		A27 - Almeida e Vieira (2023)	Séries temporais
		A28 - Raju <i>et al.</i> , (2023)	Mineração de texto, Processamento de linguagem natural e Rede neural
		A29 - Sheth e Shah (2023)	Séries temporais
		A30 - Sable, Goel e Chatterjee (2023)	<i>Deep learning</i>

Elaboração própria

A publicação **A24** - Rahmani *et al.*, (2023), intitulada com tradução deste autor "Aplicações de inteligência artificial na economia, incluindo aplicações em negociação de ações, análise de mercado e gestão de risco", tem como objetivo discutir as aplicações atuais e potenciais da IA na economia, incluindo aplicação em áreas como negociação de ações, análise de mercado e gerenciamento de riscos.

Esse artigo fornece uma revisão abrangente da literatura existente sobre o tema e explora como a IA pode ser usada para gerar ideias de investimento, prever tendências do mercado e entender melhor a dinâmica econômica em geral. Além de classificar as aplicações de IA na economia em três categorias principais: previsão, otimização e segurança.

A publicação **A25** - Khattak *et al.*, (2023), intitulada com tradução deste autor "Uma pesquisa sistemática de modelos de IA em previsões do mercado financeiro para análise de lucratividade", tem o objetivo de ajudar investidores e profissionais financeiros, a identificar as melhores práticas em previsões do mercado usando IA para impulsionar as estratégias de negociação.

Na metodologia foram utilizados dados de estudos realizados entre 2018 a 2022, selecionados por meio de um processo sistemático que levou em consideração critérios de qualidade metodológica, métricas de rentabilidade e estratégia de investimento. Além de descrever diversos modelos de IA utilizados na previsão de tendências e preços do mercado financeiro, incluindo RNAs, modelos baseados em árvores de decisão, AGs e sistemas *fuzzy*. Os resultados indicaram que modelos híbridos que combinam algoritmos de inteligência artificial têm grande potencial para a previsão de tendências financeiras.

A publicação **A26** - Lee e Moon (2023), intitulada com tradução deste autor "Aprendizado de reforço *offline* para negociação automatizada de ações", tem o objetivo de discutir o uso de RN para prever movimentos do mercado de ações.

A metodologia consiste em utilizar dados históricos de preços de ações e diferentes conjuntos de indicadores fundamentalistas para treinar um modelo de aprendizado de reforço *offline* que possa tomar decisões de compra e venda de ações. Os resultados mostraram que o modelo proposto superou outros métodos de alocação de portfólio em termos de retorno do investimento.

A publicação **A27** - Almeida e Vieira (2023), intitulada com tradução deste autor "Análise técnica e análise fundamental: uma análise bibliométrica", tem o objetivo de fazer uma análise bibliométrica da produção científica sobre ferramentas de suporte à decisão para investimentos no mercado de capitais, especificamente em análises fundamentalistas.

A metodologia consistiu em analisar publicações acadêmicas relevantes sobre o assunto, recuperadas do banco de dados do *Web Of Science*. Os resultados encontrados podem ser utilizados para apoiar a tomada de decisões de investimentos, ser incorporada nas estratégias de negociações e na gestão de portfólio.

A publicação **A28** - Raju *et al.*, (2023), intitulada com tradução deste autor "Uma abordagem tridimensional para previsão de ações usando algoritmos IA/ML: uma revisão e comparação", tem o objetivo de abordar a aplicação de algoritmos de IA e *machine learning* (ML), na previsão de ações. Além disso, ele visa analisar os desafios envolvidos nas previsões do setor financeiro, devido à influência de vários fatores relacionados aos mercados globais.

A metodologia abordada inclui a realização de uma revisão abrangente de vários algoritmos de IA/ML que são aplicáveis na previsão de ações, cobrindo os três principais aspectos de análise: fundamental, técnico e sentimental.

O artigo apresenta resultados significativos provenientes da aplicação dos algoritmos. Em termos de precisão, o modelo alcançou 85% de eficiência, fornecendo uma forte indicação da eficácia dos algoritmos de IA/ML na previsão do comportamento do mercado de ações.

A publicação **A29** - Sheth e Shah (2023), intitulada com tradução deste autor "Prever o mercado de ações usando aprendizado de máquina: a melhor e mais precisa maneira de saber os preços futuros das ações", tem o objetivo de discutir o uso da técnica de ML para prever preços de ações no mercado financeiro.

Os autores defendem que a IA pode ser utilizada de maneira confiável para prever preços. E abordam três métodos para provar essa teoria: análise fundamentalista, previsão de séries temporais e aprendizado de máquina. A pesquisa também ressalta que o investimento na bolsa de valores tem um impacto significativo no crescimento econômico, seja de um país, de uma empresa ou de um indivíduo. No entanto, enfatiza que não existem técnicas infalíveis para prever com precisão as flutuações do mercado.

A publicação **A30** - Sable, Goel e Chatterjee (2023), intitulada com tradução deste autor "Técnicas para previsão do mercado de ações: uma revisão", tem como objetivo analisar criticamente a literatura existente sobre abordagens usadas para fazer previsões do mercado de ações, considerando vários fatores e técnicas, como conjuntos de dados de ações, métricas de avaliação, cálculos estatísticos, ML e DL.

A metodologia utilizada consistiu em uma RSL, onde os artigos relevantes foram selecionados e analisados com foco na previsão do mercado de ações.

Os resultados encontrados indicam que as técnicas de ML e DL são frequentemente utilizadas para a previsão do mercado de ações. Além disso, descobriu-se que a maioria dos artigos pesquisados foram publicados em periódicos e que os conjuntos de dados mais comumente utilizados são o mercado de ações indiano.

4.2. Extração e sintetização dos dados

Devido a utilização da plataforma *Escriitha* para auxiliar no desenvolvimento desta RSL, foi possível extrair informações importantes diretamente da própria ferramenta. Uma dessas informações é a nuvem de palavras, como mostrado na figura 4, que foi gerada a partir de uma amostragem dos termos mais comuns encontrados nos artigos pesquisados.

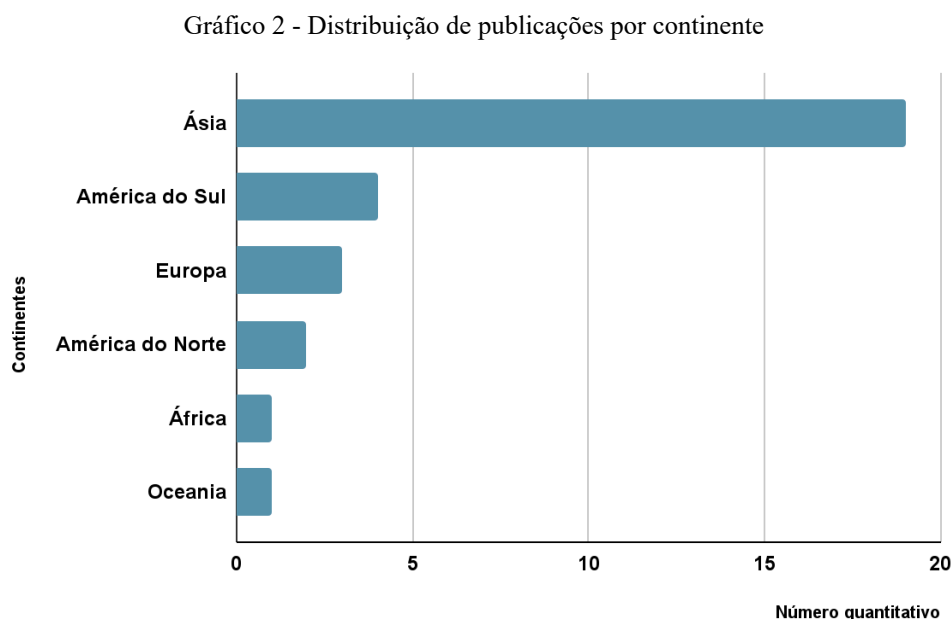
Outra observação relevante a ser destacada é o uso das técnicas de IA na economia. Elas tendem a fornecer o suporte necessário para buscar a eficiência na tomada de decisões com base em dados, tornando o mercado financeiro mais previsível, mesmo diante das suas frequentes oscilações. Na tabela 9, são apresentadas, em ordem alfabética, as quinze técnicas de IA identificadas ao longo desta RSL, com destaque (»), para os oito modelos mais comuns encontrados na previsão do mercado de ações.

Tabela 9 - Técnicas de IA aplicadas na economia

Artigos	Modelos em evidência	»	Número quantitativo
A10, A25	Árvore de decisão		2
A18	Algoritmos evolutivos		1
A05, A13, A14, A20, A25	Algoritmo genético	»	5
A21, A26	Aprendizado por reforço		2
A01, A03, A24, A30	<i>Deep learning</i>	»	4
A07, A08, A10, A12	Floresta aleatória	»	4
A13	Lógica difusa		1
A13, A24, A28	Mineração de texto	»	3
A09, A15, A28	Processamento de linguagem natural	»	3
A02, A16	Regressão linear		2
A01, A03, A04, A05, A06, A07, A10, A11, A13, A14, A15, A25, A28	Rede neural	»	13
A05, A19	Redes neurais convolucionais		2
A17, A18, A22	Rede neural profunda	»	3
A25	Sistemas <i>fuzzy</i>		1
A01, A23, A27, A29	Séries temporais	»	4

Elaboração própria

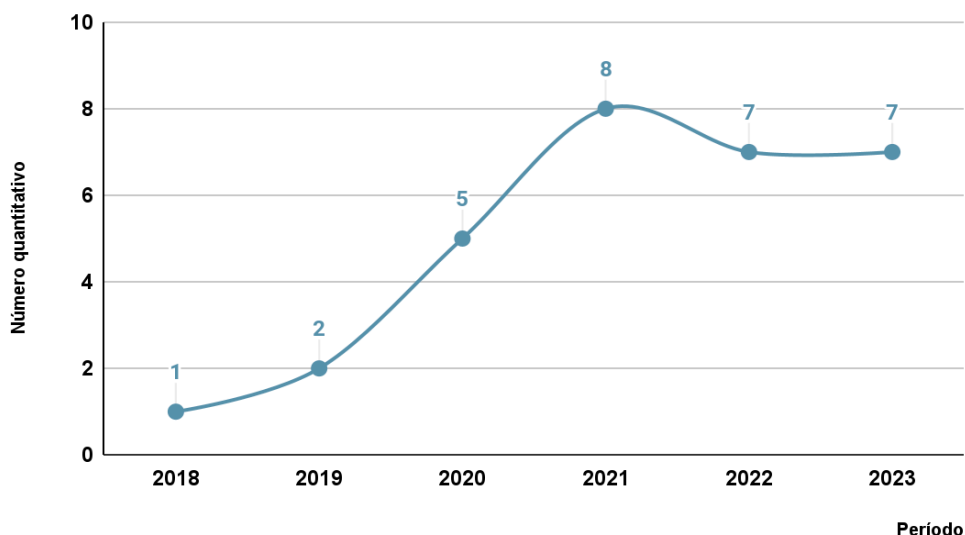
Ao analisar a origem das publicações em relação à sua quantidade, constatou-se que a maior parte dos artigos selecionados vem do continente asiático. Os detalhes dessa distribuição estão ilustrados no gráfico 2, mostrando 19 estudos da Ásia (provenientes de países como: Arábia Saudita, China, Coreia do Sul, Índia, Irã, Paquistão, Tailândia, Taiwan, Turquia e Vietnã), 4 da América do Sul (Brasil), 3 da Europa (Espanha, Portugal e Reino Unido), 2 da América do Norte (Estados Unidos), 1 da África (Tunísia) e 1 da Oceania (Austrália).



Elaboração própria

A seguir, no gráfico 3, é possível observar a relação entre a quantidade de publicações e os respectivos anos. Observa-se que o gráfico possui dois comportamentos distintos: de 2018 a 2021, há um crescimento exponencial, enquanto de 2022 a 2023, o gráfico permanece constante. O crescimento exponencial pode ser atribuído à popularização da IA, especialmente com o surgimento do *ChatGPT*, e ao crescente interesse da população pelo mercado financeiro, em particular pelo setor de ações. Já a estabilização observada a partir de 2022 pode ser explicada pelo critério de inclusão detalhado na subseção 3.3, na qual, restringiu-se a artigos focados em indicadores fundamentalistas, o que resultou em uma quantidade limitada de publicações selecionadas.

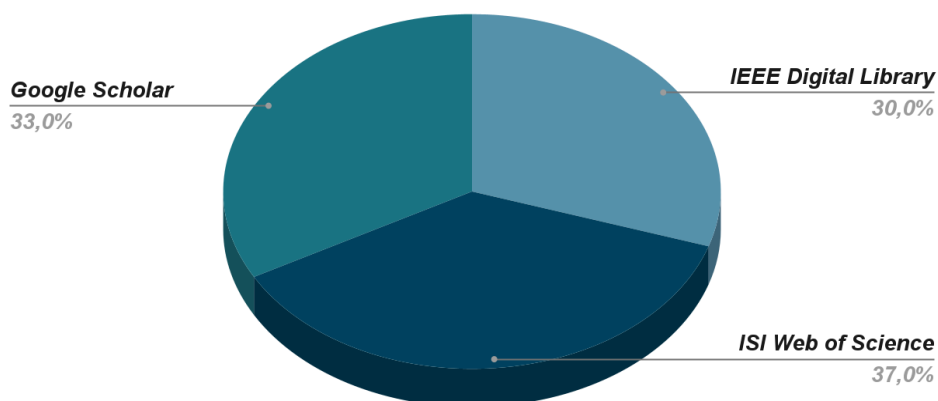
Gráfico 3 - Publicações por ano



Elaboração própria

Outra informação importante a ser mencionada são as distribuições percentuais dos artigos finais selecionados no processo de triagem, conforme os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos na subseção 3.3. No gráfico 4, são apresentadas em formato de pizza, as três bases de dados que continham trabalhos compatíveis com os critérios de seleção, sendo elas: *IEEE Digital Library*, com 30%; *ISI Web of Science*, com 37% e *Google Scholar*, com 33%, respectivamente. Observa-se que o número de publicações encontradas nas três plataformas de busca apresenta uma distribuição relativamente equilibrada.

Gráfico 4 - Representação percentual dos artigos por base científica



Elaboração própria

4.3. Comparações críticas

O artigo Fernandes *et al.*, (2023) apresenta uma RSL focada na análise fundamentalista do mercado brasileiro, aplicando a estratégia de investimento *value investing* para alcançar lucros a longo prazo. No entanto, sem a utilização de técnicas de IA para selecionar as ações, ficando sujeita à influência de fatores emocionais nas decisões. Em contraste, a presente RSL explora técnicas de IA aplicadas na previsão do mercado de ações, que não só reduzem o tempo necessário para a análise do mercado, como também evitam interferências emocionais nas decisões, resultando em melhores retornos financeiros e na identificação mais eficaz de oportunidades promissoras para aquisição de ações.

O artigo A02 - Ghani, Awais e Muzammul (2019), discute o uso do método de suavização exponencial para gerar previsões de séries temporais, empregando médias ponderadas com base na última observação gráfica. Evidenciando assim, que esta técnica é mais eficaz na previsão de tendências do mercado de ações em comparação com as combinações de vários algoritmos de IA. No entanto, foi constatado pelo artigo A09 - Ferreira, Gandomi e Cardoso (2021), que a combinação de análise de sentimento, indicadores fundamentalistas e algoritmos de IA superou métodos individuais na previsão de movimentos no mercado de ações.

Desse modo, os trinta artigos agrupados nesta RSL mencionaram algumas metodologias e técnicas de aprendizado de máquina para antecipar os preços das ações e suas tendências. Alguns compararam diferentes abordagens, como é observado nos artigos A04 - Li e Bastos (2020), A08 - Khan *et al.*, (2020) e A23 - Nobre *et al.*, (2022). Outros abordando apenas uma única técnica, como destacados nos trabalhos A05 - Chung e Shin (2020), A12 - Aloud (2021) e A18 - Ansari *et al.*, (2022). No entanto, cada método apresenta suas próprias vantagens e desvantagens. E para alcançar bons resultados no setor de ações, é necessário analisar individualmente quais técnicas são mais eficazes na identificação de tendências no mercado financeiro.

4.4. Lacunas existentes

A realização desta revisão sistemática revelou algumas observações pertinentes que merecem ser mencionadas. E uma delas foi no processo de pesquisa nas bases de dados no qual, observou-se que existem estudos analisando, mais de uma vez, vários mercados financeiros globais, como por exemplo, a bolsa de valores dos Estados Unidos mencionada em A03 - Fazeli (2019), juntamente com a bolsa de valores chinesa, o A01 - Chen *et al.*,

(2018), e da indiana, o **A22** - Fathali, Kodia e Said (2022), no entanto, foram encontrados apenas dois artigos Fernandes *et al.*, (2023) e o **A23** - Nobre *et al.*, (2022), que tratam especificamente da bolsa de valores brasileira.

Foi observado que nos artigos encontrados nesta RSL, os conceitos fundamentalistas do tipo *buy and hold* e *value investing* foram abordados de forma superficial, levando dessa forma, a necessidade de uma análise mais aprofundada desses conceitos, em trabalhos futuros. Pois, embora as definições gerais tenham sido abordadas, é necessário um estudo mais aprofundado devido à natureza subjetiva dessas estratégias.

Outro aspecto relevante a considerar para futuros trabalhos, seria a realização de uma RSL complementar a esta, porém em outras bases de dados não verificadas com o objetivo de identificar um maior número de artigos. Além disso, seria interessante aprimorar os critérios de seleção, visando encontrar estudos que abordem de forma mais completa os conceitos fundamentalistas mencionados no parágrafo anterior, e que contemplem também, a bolsa de valores do Brasil.

Por fim, recomenda-se realizar uma análise mais detalhada de cada uma das oito técnicas de IA evidenciadas na tabela 9, com o objetivo de identificar quais algoritmos são realmente eficazes e precisos na previsão do mercado de ações, além de descobrir o motivo pelo qual, a rede neural é tendência nesse *ranking*. Uma vez que, este trabalho foi a título exploratório, com o intuito de traçar o estado da arte e auxiliar na compreensão de como a IA é utilizada no mercado financeiro.

4.5. Considerações da revisão

Os artigos selecionados foram muito úteis para entender este estudo, oferecendo uma visão ampla das estratégias, das vantagens e desvantagens dos algoritmos de IA no mercado financeiro, especialmente no setor de ações e com foco nas técnicas fundamentalistas. No entanto, o artigo **A23** - Nobre *et al.*, (2022), afirma que o êxito de um investidor nesse mercado, depende principalmente da qualidade das informações que utiliza para embasar suas decisões e, da velocidade com que as toma. Diante disso, a seguir são apresentadas as respostas para cada uma das questões de pesquisa mencionadas na subseção 3.1.

Q1: Quais são os desafios na negociação no mercado de ações?

Durante a realização desta RSL, observou-se que reduzir os prejuízos financeiros e maximizar os lucros é um desafio significativo para os investidores, devido à complexidade e

volatilidade do mercado financeiro. Estudos como o **A03** - Fazeli (2019), **A04** - Li e Bastos (2020), e **A07** - Yuan *et al.*, (2020), corroboram essa percepção.

Q2: Quais são as vantagens de usar agentes inteligentes para esse mercado?

Todos os trinta artigos revisados empregaram técnicas de IA para prever tendências no mercado de ações, buscando aprimorar a eficiência na tomada de decisões com base em dados processados por algoritmos. Estudos como o **A01** - Chen *et al.*, (2018), **A03** - Fazeli (2019), **A07** - Yuan *et al.*, (2020) e **A25** - Khattak *et al.*, (2023), corroboram essa abordagem, mostrando que agentes inteligentes podem otimizar a seleção de ativos e, consequentemente, aumentar a rentabilidade das carteiras de investimentos. Além disso, as técnicas de IA reduzem a influência de fatores emocionais nas decisões e aprimoram a capacidade de identificar oportunidades de investimentos promissores.

Q3: Qual é o impacto das técnicas de IA no desempenho do mercado de ações?

Prever as tendências do mercado financeiro é uma tarefa desafiadora devido aos altos níveis de volatilidade que exigem acompanhamento constante por parte dos analistas de mercado. No entanto, estudos como o **A02** - Ghani, Awais e Muzammul (2019), **A05** - Chung e Shin (2020), **A17** - Kabbani e Duman (2022), e **A24** - Rahmani *et al.*, (2023), destacam a utilização de IA para automatizar esse processo, melhorando dessa forma, a precisão das previsões, a otimizando o tempo desses profissionais e a agilidade na análise dos dados. Esses fatores têm um impacto significativo no mercado de ações.

Q4: Quais os modelos de IA mais utilizados nas previsões do mercado de ações?

Durante este estudo, foram identificados oito modelos de IA mais frequentemente utilizados para prever o mercado de ações, conforme detalhado na tabela 9. Entre esses modelos, estão: rede neural, algoritmo genético, *deep learning*, floresta aleatória, séries temporais, mineração de texto, processamento de linguagem natural e rede neural profunda, respectivamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Prever as condições do mercado financeiro e antecipar as flutuações dos preços das ações sempre representou um desafio complexo. Diversas metodologias estão disponíveis para realizar previsões desses movimentos, algumas mencionadas ao longo deste estudo, visando auxiliar investidores na tomada de decisões mais apropriadas.

Desse modo, esta RSL introduziu os conceitos de inteligência artificial, agentes inteligentes, aprendizado de máquina, mercado financeiro, análise fundamentalista e estratégias de investimento do tipo *buy and hold* e *value investing*. Para oferecer uma compreensão aprimorada de como os investidores podem empregar modelos de IA com o intuito de otimizar a gestão do tempo, compreender melhor o segmento econômico e potencializar os ganhos monetários.

Posto isso, este trabalho destacou que os trinta artigos encontrados e revisados na literatura, recorrem às técnicas de aprendizado de máquina para prever as tendências no mercado financeiro. Reforçando dessa forma, a relevância e a eficiência na utilização dos algoritmos de IA para antecipar direções futuras do mercado de ações. Entre os modelos de IA identificados ao longo deste estudo estão: árvore de decisão, algoritmos evolutivos, algoritmo genético, aprendizado por reforço, *deep learning*, floresta aleatória, lógica difusa, mineração de texto, processamento de linguagem natural, regressão linear, rede neural, redes neurais convolucionais, rede neural profunda, sistemas *fuzzy* e séries temporais. No entanto, é essencial enfatizar que cada modelo possui suas restrições particulares e, muitas vezes, a utilização combinada de duas ou mais técnicas pode ser necessária para atingir previsões mais exatas.

É importante ressaltar, conforme abordado nas subseções 3.2 e 4.3, que o artigo mencionado em questão, serviu como base para a elaboração deste estudo. Contudo, foram realizadas adaptações e melhorias para incorporar a inteligência artificial à metodologia de pesquisa, seguindo a sugestão dos autores para que futuros trabalhos contemplem uma RSL com o uso de IA, visando obter melhores retornos financeiros no mercado de ações.

Outro aspecto relevante a ser mencionado é referente a plataforma *Escritha*, que desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento deste trabalho e foi especificada no capítulo 3. Porém, esta ferramenta apresenta algumas instabilidades recorrentes que precisam ser resolvidas através do suporte técnico. Isso inclui *bugs* ao realizar o *backup*, na compilação do projeto, na formatação do texto para exibição em duas colunas e ao fazer o *download* das imagens e gráficos gerados. Além disso, até o momento da conclusão deste estudo, a *Escritha*

ainda não incorporou em sua plataforma a mais recente atualização das normas de citações da ABNT, referente à NBR 10520 de julho de 2023.

Por fim, os desdobramentos desta revisão sistemática da literatura apontam que a pesquisa em IA está evoluindo rapidamente e enfatiza o crescente potencial dessas técnicas no setor financeiro, tornando-se uma ferramenta quase indispensável para os agentes econômicos. Contudo, é importante que pesquisadores e usuários cooperem para identificar e minimizar possíveis riscos associados ao uso dessa tecnologia, assegurando que sua aplicação seja conduzida de maneira ética, justa e em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

REFERÊNCIAS

- AL-AZAWI, M. *Symmetry-Based Brain Abnormality Detection Using Machine Learning*. **Inteligência Artificial**, [S. l.], v. 24, n. 68, p. 138–150, 2022. DOI: 10.4114/intartif.vol24iss68pp138-150. Acesso em: 2 aug. 2024.
- ALDHYANI, T. H. H.; ALZAHRANI, A. *Framework for Predicting and Modeling Stock Market Prices Based on Deep Learning Algorithms*. **Electronics** 2022, 11, 3149. DOI: 10.3390/electronics11193149. Acesso em: 2 aug. 2024. (A19) - 2 citações
- ALMEIDA, L.; VIEIRA, E. *Technical Analysis, Fundamental Analysis, and Ichimoku Dynamics: A Bibliometric Analysis*. **Risks** 2023, 11, 142. DOI: 10.3390/risks11080142. Acesso em: 2 aug. 2024. (A27) - 2 citações
- ALLOUD, M. *Designing strategies for autonomous stock trading agents using a random forest approach*. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)**, v. 12, 2021. DOI: 10.14569/IJACSA.2021.0120788. Acesso em: 2 aug. 2024. (A12) - 4 citações
- ANSARI, Y. et al. “A Deep Reinforcement Learning-Based Decision Support System for Automated Stock Market Trading,” **IEEE Access**, v. 10, p. 127469–127501, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3226629. Acesso em: 2 aug. 2024. (A18) - 2 citações
- B3 (org.). **bolsa do Brasil**. 2023. Disponível em: <<https://www.b3.com.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2023.
- BOGO, L.H. Agentes inteligentes para o processo de negociação em um ambiente de comércio eletrônico. **Trabalho de conclusão de curso (bacharelado)**. Curso de Ciências da Computação. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2000.
- CHANDAR, K. S. *Hybrid models for intraday stock price forecasting based on artificial neural networks and metaheuristic algorithms*. **Pattern Recognition Letters**, Elsevier, v. 147, p. 124–133, 2021. DOI: 10.1016/j.patrec.2021.03.030. Acesso em: 2 aug. 2024. (A14) - 2 citações
- CHANG, H.-M., et al., *From mythology to psychology: Identifying archetypal symbols in movies*. **Technoetic Arts**, 11(2), 99–113, 2013. DOI:10.1386/tear.11.2.99_1. Acesso em: 2 aug. 2024.
- CHEN, L. et al. *Which artificial intelligence algorithm better predicts the chinese stock market?* **IEEE Access**, v. 6, p. 48625–48633, 2018. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2859809. Acesso em: 2 aug. 2024. (A01) - 5 citações
- CHUNG, H.; SHIN, K.-s. *Genetic algorithm-optimized multi-channel convolutional neural network for stock market prediction*. **Neural Computing and Applications**, Springer, v. 32, p. 7897–7914, 2020. DOI: 10.1007/s00521-019-04236-3. Acesso em: 2 aug. 2024. (A05) - 5 citações

CORRIGA, A. *Artificial intelligence approaches applied to the financial forecasting domain*. **Tese de Doutorado**, Università degli Studi di Cagliari, 2022. Disponível em <https://hdl.handle.net/11584/330467>. Acesso em: 2 aug. 2024.

DOMINGOS, P., O Algoritmo Mestre: Como a busca pelo algoritmo de machine learning definitivo recriará nosso mundo. **Novatec Editora**, 1ª edição, 344 pgs. ISBN: 8575225383. 2017.

FATHALI, Z.; KODIA, Z.; SAID, L. B. *Stock market prediction of nifty 50 index applying machine learning techniques*. **Applied Artificial Intelligence**, TAYLOR & FRANCIS, 36(1), 2022. DOI: 10.1080/08839514.2022.2111134. Acesso em: 2 aug. 2024. (A22) - 3 citações

FAZELI, A. *Using deep learning for predicting stock trends*. Brock University, Mestrado em Ciências da Computação. 2019. Disponível em https://dr.library.brocku.ca/bitstream/handle/10464/14506/Brock_Fazeli_Arvand_2019.pdf. Acesso em: 2 aug. 2024. (A03) - 5 citações

FERNANDES, D. d. O. et al. Análise fundamentalista na bolsa de valores brasileira: Uma revisão da literatura. In: **Anais do Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. IV CoBICET**. Diamantina(MG) Online, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/cobicet2023/651856-ANALISE-FUNDAMENTALISTA-NA-BOLSA-DE-VALORES-BRASILEIRA--UMA-REVISAO-DA-LITERATURA>. Acesso em: 2 aug. 2024.

FERREIRA, F. G. D. C.; GANDOMI, A. H.; CARDOSO, R. T. N., "Artificial Intelligence Applied to Stock Market Trading: A Review," in **IEEE Access**, vol. 9, pp. 30898-30917, 2021, DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3058133. Acesso em: 2 aug. 2024. (A09) - 4 citações

GARLAND, A. *Ex machina*. Faber & Faber, 202 pags, 2015. ASIN: B00SJKVWDW

GHANI, M. U.; AWAIS, M.; MUZAMMUL, M. "Stock market prediction using machine learning(ml)algorithms", *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* - **ADCAIJ**, v. 8, nº 4, p. 97–116, 2019. DOI: 10.14201/ADCAIJ20198497116. Acesso em: 2 aug. 2024. (A02) - 5 citações

KABBANI, T.; DUMAN, E. *Deep reinforcement learning approach for trading automation in the stock market*. **IEEE Access**, v. 10, p. 93564–93574, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3203697. Acesso em: 2 aug. 2024. (A17) - 3 citações

KHAN, W. et al. *Stock market prediction using machine learning classifiers and social media news*. **J Ambient Intell Human Comput** 13, 3433–3456, 2022. DOI: 10.1007/s12652-020-01839-w. Acesso em: 2 aug. 2024. (A08) - 4 citações

KHATTAK, B. H. A. et al, "A Systematic Survey of AI Models in Financial Market Forecasting for Profitability Analysis," in **IEEE Access**, vol. 11, pp. 125359-125380, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3330156. Acesso em: 2 aug. 2024. (A25) - 3 citações

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. *Guidelines for performing systematic literature miscs in software engineering*. Versão 2.3, **EBSE Technical Report**, 2007. Disponível em: https://legacyfileshare.elsevier.com/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf. Acesso em: 2 aug. 2024

KUMAR, G.; JAIN, S.; SINGH, U. P. *Stock Market Forecasting Using Computational Intelligence: A Survey*. **Archives of computational methods in engineering**, Springer, v. 28, p. 1069–1101, 2021. DOI: 10.1007/s11831-020-09413-5. Acesso em: 2 aug. 2024. (A13) - 3 citações

LEANDRO, J. C. Aplicação de redes neurais LSTM para previsão de séries temporais financeiras. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2021. Disponível em <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/4806>. Acesso em: 2 aug. 2024. (A11) - 4 citações

LEE, N.; MOON, J. "Offline Reinforcement Learning for Automated Stock Trading," in **IEEE Access**, vol. 11, pp. 112577-112589, 2023, DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3324458. Acesso em: 1 ago. 2024. (A26) - 2 citações

LI, A. W.; BASTOS, G. S. "Stock Market Forecasting Using Deep Learning and Technical Analysis: A Systematic Review," in **IEEE Access**, vol. 8, pp. 185232-185242, 2020, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3030226. Acesso em: 1 ago. 2024. (A04) - 4 citações

MACHADO, E. J.; PEREIRA, A. C. M. Estratégias de negociação baseadas na teoria das ondas de Elliott para o mercado de ações. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 16-25, 2022. DOI: 10.5335/rbca.v14i2.12470. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/12470>. Acesso em: 2 ago. 2024.

MAMDOUH, M. .; EZZAT, M.; HEFNY, H. A. "Airport resource allocation using machine learning techniques", **Inteligência Artificial**, [S. l.], v. 23, n. 65, p. 19–32, 2020. DOI: 10.4114/intartif.vol23iss65pp19-32. Disponível em: <https://journal.iberamia.org/index.php/intartif/article/view/381>. Acesso em: 1 aug. 2024.

MOKHTARI, S.; YEN, K. K.; LIU, J. "Effectiveness of Artificial Intelligence in Stock Market Prediction based on Machine Learning". **International Journal of Computer Applications** (0975 - 8887), Vol 183 - No.7, 2021. DOI: 10.5120/ijca2021921347. Acesso em: 1 ago. 2024. (A10) - 3 citações

NABIPOUR, M. et al. "Predicting Stock Market Trends Using Machine Learning and Deep Learning Algorithms Via Continuous and Binary Data; a Comparative Analysis," in **IEEE Access**, vol. 8, pp. 150199-150212, 2020, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3015966. Acesso em: 1 ago. 2024. (A06) - 3 citações

NOBRE, R. A. et al. *AURORA: an autonomous agent-oriented hybrid trading service*. **Neural Comput & Applic** 34, 2217–2232 (2022). DOI: 10.1007/s00521-021-06508-3. Acesso em: 1 ago. 2024. (A23) - 5 citações

NORVIG, P.; RUSSELL, S. Inteligência artificial: Tradução da 3a Edição. Elsevier Brasil, 2014. v. 3º. 1056 pgs. ISBN: 8535251413

PRACHYACHUWONG, K.; VATEEKUL, P. “*Stock Trend Prediction Using Deep Learning Approach on Technical Indicator and Industrial Specific Information*”. **Information**. 2021; 12(6):250. DOI: 10.3390/info12060250. Acesso em: 1 ago. 2024. (A15) - 2 citações

PRECHTER, R.; FROST, A. “*Elliott Wave Principle: Key to Market Behavior*. **Elliott Wave International**, 11ª Edição, 260 pgs, 2017. ISBN: 1616040815

RAHMANI, A. M. et al. “*Applications of artificial intelligence in the economy, including applications in stock trading, market analysis, and risk management*”. **IEEE Access**, v. 11, p. 80769–80793, 2023. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3300036. Acesso em: 1 ago. 2024. (A24) - 3 citações

RAJU, S. S. et al., "A Three-Dimensional Approach for Stock Prediction Using AI/ML Algorithms: A Review & Comparison," 4th **International Conference on Innovative Trends in Information Technology (ICITIIT)**, Kottayam, India, 2023, pp. 1-6, DOI: 10.1109/ICITIIT57246.2023.10068584. Acesso em: 1 ago. 2024. (A28) - 2 citações

ROSA, R. S. d. Redes neurais *elu feed-forward* aplicadas a previsão de preços de ativos em bolsas de valores. **Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia da Computação**, Universidade Federal de Santa Maria, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/25241>. Acesso em: 1 ago. 2024.

SABLE, R.; GOEL, S.; CHATTERJEE, P. “*Techniques for Stock Market Prediction: A Review*”, **International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication - IJRITCC** 11(5s):381-402, 2023. DOI: 10.17762/ijritcc.v11i5s.7056. Disponível em <https://ijritcc.org/index.php/ijritcc/article/view/7056/6072>. Acesso em: 2 ago. 2024. (A30) - 2 citações

SANTOS, A. A. A. dos. Um protótipo de software para simulação de sistemas multi-agentes baseados na abordagem de Russell/Norvig e na teoria dos jogos. 2019. 107 f. **Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada)** - Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/12569>. Acesso em: 1 ago. 2024.

SHETH, D.; SHAH, M. “*Predicting stock market using machine learning: best and accurate way to know future stock prices*”. **International Journal of System Assurance Engineering and Management**, Springer, v. 14, p. 1–18, 2023. DOI: 10.1007/s13198-022-01811-1. Acesso em: 1 ago. 2024. (A29) - 2 citações

SUHAIL, K. M. A. et al. “*Stock market trading based on market sentiments and reinforcement learning*”. **Computers, Materials & Continua**, 70(1), 935-950. 2022. DOI: 10.32604/cmc.2022.017069. Acesso em: 1 ago. 2024. (A21) - 2 citações

THAKKAR, A.; CHAUDHARI, K. “*Information fusion-based genetic algorithm with long short-term memory for stock price and trend prediction*”. **Applied Soft Computing**, v. 128, 2022. DOI: 10.1016/j.asoc.2022.109428. Acesso em: 1 ago. 2024. (A20) - 2 citações

YUAN, X. et al. “*Integrated Long-Term Stock Selection Models Based on Feature Selection and Machine Learning Algorithms for China Stock Market*”. **IEEE Access**, v. 8, p. 22672–22685, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2969293. Acesso em: 1 ago. 2024. (A07) - 4 citações

WACHOWSKI, A. and WACHOWSKI, L. *The Matrix*, 1999, USA: Warner Bros Pictures

PFISTER, W. *Transcendence*, Alcon Entertainment, DMG Entertainment; Straight Up Films 2013, USA: Warner Bros Pictures.

ZHENG, J. et al. “*The Stock Index Prediction Based on SVR Model with Bat Optimization Algorithm*”. **Algorithms** 2021, 14, 299. DOI: 10.3390/a14100299. Acesso em: 1 ago. 2024. (A16) - 2 citações