



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
ICTS – INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SOROCABA**

BRUNO HIROYUKI SASSAKI

PROJETO DE ROBÔ TRADER ASSISTIDO COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Sorocaba

2021

Bruno Hiroyuki Sasaki

PROJETO DE ROBÔ TRADER ASSISTIDO COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Galdenoro Botura Junior

Sorocaba

2021

S252p Sasaki, Bruno Hiroyuki
Projeto de Robô Trader Assistido com Inteligência Artificial / Bruno Hiroyuki Sasaki. – Sorocaba, 2021
77 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Prof. Dr. Galdenoro Botura Junior

1. Trader. 2. Inteligência Artificial. 3. Mercado Financeiro. 4. Metatrader. 5. Robô. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Resumo

Desde 2018, a taxa básica de juros da economia, ou taxa Selic, foi gradativamente reduzida. Com essa constante diminuição uma parcela do povo brasileiro passou a se interessar cada vez mais em buscar alternativas para a manutenção de um rendimento aceitável, bem como a melhoria de sua condição atuando no mercado financeiro. Entretanto, apesar de ser uma opção muito atrativa para essa população, não valia a pena correr os riscos que esse mercado oferece em troca de bons rendimentos no cenário anterior de altas taxas de juros. Simultaneamente, no período mencionado, o número de CPFs cadastrados na Bolsa de Valores Brasileira aumentou de forma exponencial. Isso se deve não apenas à busca de alternativas de rendimentos, mas também aos influenciadores digitais que ajudaram a expor os conceitos financeiros de maneira simplificada a fim de amadurecer a visão desse segmento de pessoas que tenta investir parte de sua renda. Uma forma de melhorar a rentabilidade desses investimentos é possível a partir da utilização de robôs *traders*, que por meio de análises de gráficos tentam identificar padrões, e assim obter lucro nas operações baseadas em tomada de decisão, pela identificação desses padrões. Inicialmente, para verificar o potencial de um robô assistido por inteligência artificial, foi desenvolvida uma estratégia financeira levando-se em conta o gerenciamento de riscos das operações que serão executadas pelo robô. A estratégia foi implementada com o software Metatrader 5, utilizando a linguagem de programação MQL5, que permite a realização de operações na bolsa de valores em tempo real, bem como os testes de possíveis operações no passado, para simular o comportamento que poderá ser alcançado no mercado. Com o código definido passou-se à aplicação de otimização da estratégia de gestão de riscos, por meio da implementação dessa inteligência artificial, proporcionando operações com maior precisão. Os resultados obtidos, indicam que o menor percentual de otimização foi de aproximadamente 1%, resultando em um saldo de carteira de R\$ 68.200,00, comprovando, assim, a eficiência da adição do algoritmo genético ao algoritmo implementado. Destaca-se ainda que nas ocasiões em que foram observadas situações anteriores de prejuízo, passou-se a obter lucro. Cabe ressaltar que a performance foi

melhorada não apenas pelo resultado de carteira, mas também com menor exposição ao risco, uma vez que se efetivou menor quantidade de operações, e com maior precisão.

Palavras-chave: Mercado financeiro. *Trader. Metatrader.* Robô. Inteligência artificial.

Abstract

The financial market has always been very attractive for the Brazilian population, however with the high interest rate it wasn't worth the risk it offers in exchange for good financial returns. With the constant decrease in the base interest rate (Selic), Brazilian people started to seek alternatives to maintain an acceptable income and thus maintain or improve their financial condition. The number of CPFs registered at Brazilian's stock market has been increasing exponentially in recent times, and this is due not only to the search for income alternatives, but also to digital influencers, who try to bring financial concepts in a simplified way in order to mature the vision of Brazilian population. One way to improve profitability is with the use of robot traders, which through chart analysis try to identify patterns, and thus obtain profit in operations based on decision making, identified by these patterns. To identify the potential of a trading robot assisted by artificial intelligence, initially a financial strategy was developed taking in account a risk management of the operations that will be executed by the robot. The defined strategy was implemented in the Metatrader 5 software, using the MQL5 programming language, which allows the performance of stock exchange operations in real time, as well as the tests of possible operations in the past, to simulate the behavior that can be achieved in the market. Once the code has been defined, it is now possible to apply optimization through the implementation of artificial intelligence, which should improve the risk management strategy, providing more accurate operations.

The results obtained prove the efficiency of adding the genetic algorithm to the implemented algorithm, in which the lowest optimization percentage was approximately 1%, resulting in a portfolio balance of R\$ 68,200.00. It is also noteworthy that on the occasions when situations of loss were observed, profits started to be made.

It is worth noting that performance was improved not only by the portfolio result, but also by the reduction in risks, since fewer operations were carried out and with greater precision, which means, less exposure to risk.

Keywords: Trader. Financial market. Metatrader. Robot. Artificial intelligence.

Lista de Figuras

Figura 1. Participação de robôs no volume de operações na Bolsa de Valores	16
Figura 2. Candlestick	19
Figura 3. Cruzamento de dois indivíduos (<i>Cross-Over</i>)	24
Figura 4. Estrutura de um algoritmo genético	25
Figura 5. Gráfico de score gerado	26
Figura 6. <i>Trajétoria</i> de ativos Adobe e Microsoft	27
Figura 7. Score integrado com machine learning	28
Figura 8. Resultado do projeto	28
Figura 9. Modelo de percepção de múltiplas camadas	29
Figura 10. Plataforma Metatrader 5	34
Figura 11. Gráfico de uma tendência de queda	35
Figura 12. Gráfico de uma tendência de alta	36
Figura 13. Fluxograma da lógica do robô	38
Figura 14. Testador de estratégia do <i>Metatrader 5</i>	39
Figura 15. Configuração da otimização	40
Figura 16. Performance da carteira - MGLU3 de 04/2020 - 06/2020	42
Figura 17. Negociações do ativo MGLU 3 de 04/2020 - 06/2020	43
Figura 18. Performance da carteira - MGLU3 de 12/2020 - 02/2021	44
Figura 19. Negociações do ativo MGLU 3 de 12/2020 - 02/2021	45
Figura 20. Performance da carteira - MGLU3 de maio 2021	46
Figura 21. - Negociações do ativo MGLU 3 de maio 2021	47
Figura 22. Performance da carteira - Taesa - 01/04/2020 até 30/06/2020	49
Figura 23. Negociações do ativo Taesa de 01/04/2020 até 30/06/2020	50
Figura 24. Gráfico da Performance da carteira - Taesa - 12/2020 até 02/2021	50
Figura 25. Negociações do ativo Taesa de 12/2020 até 02/2021	51
Figura 26. Performance da carteira - Taesa - 05/2021	52
Figura 27. Negociações do ativo Taesa de 05/2021	52
Figura 28. Performance da carteira assistida por IA -Mglu - 04/2020 até 06/2020	53
Figura 29. Negociações do ativo Mglu com IA de 04/2020 até 06/2020	54

Figura 30. Performance da carteira assistida por IA -Mglu - 12/2020 até 02/2020	55
Figura 31. Negociações do ativo Mglu com IA de 12/2020 até 02/2021	57
Figura 32. Gráfico da Performance da carteira assistida por IA -Mglu de maio 2021	58
Figura 33. Negociações do ativo Mglu com IA de Maio 2021	58
Figura 34. Performance da carteira assistida por IA -Taesa – de 04 a 06/2020	59
Figura 35. Negociações do ativo Taesa com IA de 04/2020 até 06/2020	60
Figura 36. Performance da carteira assistida por IA - Taesa - 12/2020 até 02/2020	61
Figura 37. Negociações do ativo Taesa com IA de 12/2020 até 02/2021	62
Figura 38. Performance da carteira assistida por IA - Taesa de Maio 2021	62
Figura 39. Negociações do ativo Taesa com IA de Maio 2021	63

Lista de Tabelas

Tabela 1. Negociações - MGLU3 de 04/2020 - 06/2020	43
Tabela 2. Negociações - MGLU3 de 12/2020 - 02/2021	45
Tabela 3. Negociações - MGLU3 de maio 2021	47
Tabela 4. Negociações - Taesa de 01/04/2020 até 30/06/2020	49
Tabela 5. Negociações - Taesa de 12/2020 até 02/2021	51
Tabela 6. Negociações - Taesa de 05/2021	52
Tabela 7. Negociações com IA - Mglu de 04/2020 até 06/2020	54
Tabela 8. Negociações com IA - Mglu de 12/2020 até 02/2021	56
Tabela 9. Negociações com IA - Mglu de Maio 202.....	58
Tabela 10. Negociações com IA - Taesa de 04/2020 até 06/2020	59
Tabela 11. Negociações com IA - Taesa de 12/2020 até 02/2021	61
Tabela 12. Negociações com IA - Taesa de maio 2021	63
Tabela 13. Resumo dos resultados	64

Lista de Quadros

Quadro 1. Resultado empírico da utilização de rede neural para modelo de predição .	30
Quadro 2. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$300.00,00	32
Quadro 3. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$500.000,00	32
Quadro 4. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$700.000,00	32
Quadro 5. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$1.000.000,00	33
Quadro 6. Resumo de negociações MGLU3	41
Quadro 7. Resumo de negociações TAEE11	48

Sumário

1.	Introdução	13
	1.1 Contexto e Justificativa	13
	1.2 Objetivos	17
	Objetivo geral	17
	Objetivo específicos	17
2.	Conceituação	18
	2.1 Linguagem de programação MQL5	18
	2.2 Gráfico de candlestick.....	18
	2.3 Análise técnica	19
	2.4 A Backtesting	20
	2.5 Teoria de Dow.....	20
	2.6 Inteligência artificial.....	22
	2.7 Algoritmo Genético.....	23
3.	Levantamento Bibliográfico.....	26
	3.1 Aplicando inteligência artificial e machine learning no mercado financeiro.....	26
	3.2 “Stock Price Prediction using Neural Network with Hybridized Market Indicators”	29
	3.3 Um Algoritmo Genético para Seleção de Portfólio de Investimentos com Restrições de Cardinalidade e Lotes-Padrão.....	31
4.	Material e Método	34
5.	Resultados do robô	41
	6.1 Testes com Magazine Luiza (MGLU3).....	41
	6.2 Testes com Taesa (TAEE11).....	47

6.3	Testes com Magazine Luiza (MGLU3) assistido por inteligência artificial	53
6.4	Testes com Taesa (TAEE11) assistido por inteligência artificial ...	59
6.5	Compilação dos resultados.....	63
6.	Conclusão	65
7.	REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA	67
	Apêndice I.....	70
	Apêndice II.....	72

1. Introdução

1.1 Contexto e Justificativa

Nas últimas décadas, os robôs passaram a integrar o cotidiano das indústrias, sendo utilizados para inúmeras funções como soldagem corporal, colagem e montagem. De acordo com um estudo realizado pela Federação Internacional de Robótica, em 2020, o número de robôs aumentou 12% no ano de 2019, e, desde 2014, o crescimento médio anual de sua utilização é de 13%.

No Brasil, no ano de 2017, haviam 12.373 robôs instalados, o equivalente a 0,6% dos robôs no mundo, ocupando assim a 18ª posição no ranking mundial dos países automatizados. Além da sua aplicação na indústria, o uso de robôs tem ganhado cada vez mais espaço fora do âmbito industrial, a exemplo dos robôs médicos ou dos robôs de uso doméstico, do tipo aspirador ou esfregões (VDI – Associação de Engenheiros Brasil – Alemanha, 2021). Destaca-se entre estas aplicações o robô de investimento, conhecido como robô do tipo *trader*, que vem ganhando destaque dentro do segmento de negócios no mundo financeiro. O robô *trader* consiste em uma ferramenta projetada para aplicação fora da indústria, direcionado especificamente ao mercado financeiro. Diferentemente do robô tradicional de indústria que é utilizado para atividades mecânicas e repetitivas, onde existe um *hardware* instalado, o robô *trader* se encaixa na classificação de automação robótica de processos. Essa parte da automação utiliza de agentes de softwares para realizar automação de processos e fluxos de trabalhos intensos, tornando-se extremamente útil para grandes empresas em diversas áreas. (UNIVERSAL ROBOTS BRASIL, 2021). Na área acadêmica a busca por trabalhos e pesquisas relacionadas aos robôs não tradicionais vem crescendo bastante, como o trabalho do ex-aluno de graduação Lucas Scheremeta que trata do “Desenvolvimento e Avaliação de Rede Neural Aplicada em Operações de Bolsa de Valores”, 2021.

A operação de um robô *trader* se baseia num código gerado em uma linguagem de programação, por meio de regras, que direciona de forma automática a tomada de decisões de compras ou vendas de ativos no mercado. Para a tomada de decisão são levadas em consideração as variáveis de mercado, que auxiliam a prever qual a tendência do mercado, e de que forma, dita “especulativa”, é possível obter lucros em

lugar de perdas por meio dessas operações. Juntamente com a interpretação das variáveis de mercado é necessário definir uma boa estratégia de *trade*, “estratégia nada mais é do que o conjunto de objetivos, metas, planos e diretrizes para que se possa construir o futuro vislumbrado.” (SASSAKI¹, 2020)

Os primeiros robôs projetados para aplicação no mercado financeiro surgiram em 2008, durante a crise financeira mundial decorrente de especulação imobiliária nos financiamentos de segunda linha nos EUA, quando um dos bancos de investimentos mais tradicionais dos Estados Unidos, o Lehman Brothers foi à falência, gerando o que se denominou de “bolha imobiliária”, como estopim da crise (economia.uol.com.br, 2016). Desde então esse número tem aumentado. No final de 2015 já havia cerca de 100 empresas, em todo o mundo, trabalhando no gerenciamento de aproximadamente 60 bilhões de dólares em ativos utilizando robôs de investimento. A estimativa é que em 2020 esse valor atinja dois (2) trilhões de dólares (PINHEIRO, 2020). No Brasil, as empresas mais conhecidas por trabalharem com esse tipo de robô são: Warren, Magnetis, Vérios e Monetus.

Vem sendo observado pelas corretoras de investimentos que o número de CPFs na bolsa de valores aumentou consideravelmente nos últimos anos (XP INVESTIMENTOS, 2020). Ou seja, o número de pessoas que estão investindo na bolsa vem crescendo consideravelmente. Conseqüentemente, o volume de transações em dinheiro e em papéis, ações de investimento, acabou por gerar uma quantidade elevada de dados.

Por outro lado, as operações da bolsa de valores são consideradas de altíssimo risco, uma vez que exigem alto grau de estudo para aumentar sua taxa de sucesso, tendo como melhor forma de solução a codificação por meio de tecnologias de inteligência artificial para realizar essa compilação de dados.

Segundo o especialista Bernardo Aflalo, PhD em *Machine Learning* pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e professor da Fundação Getúlio Vargas, o maior problema das pessoas que realizam operações de *Day Trade* é a péssima gestão

¹ Caio Sassaki, especialista em Fluxo e Tape Reading (2020).

de risco. No mercado, denominam-se operações de *Day Trade*, aquelas que correspondem às operações realizadas em um curto período, tendo em vista que o término deve ocorrer no mesmo pregão² em que foi iniciado.

Um exemplo dessa aplicação foi identificado pela Clear Corretora³, tendo sido a primeira a atuar no mercado com taxa livre de operação (CLEAR CORRETORA, 2021). Ela iniciou um processo de integração de um sistema de inteligência artificial para *day traders*, onde é analisado o perfil da base de clientes que possuem. Com o histórico de registro de cada cliente tornou-se possível identificar padrões nos comportamentos das operações.

Começamos com um viés chamado de Viés de Disposição. Ele é muito comum, não somente no *Day Trade* como em vários tipos de investimento. Ele consiste em segurar mais a posição que dá perda do que a que dá lucro. Outro viés é o do *Overconfidence*, do cliente que, eventualmente, tem uma sequência de trades muito positivos e acaba se expondo mais ao risco (SIEDSCHLAG, 2021).

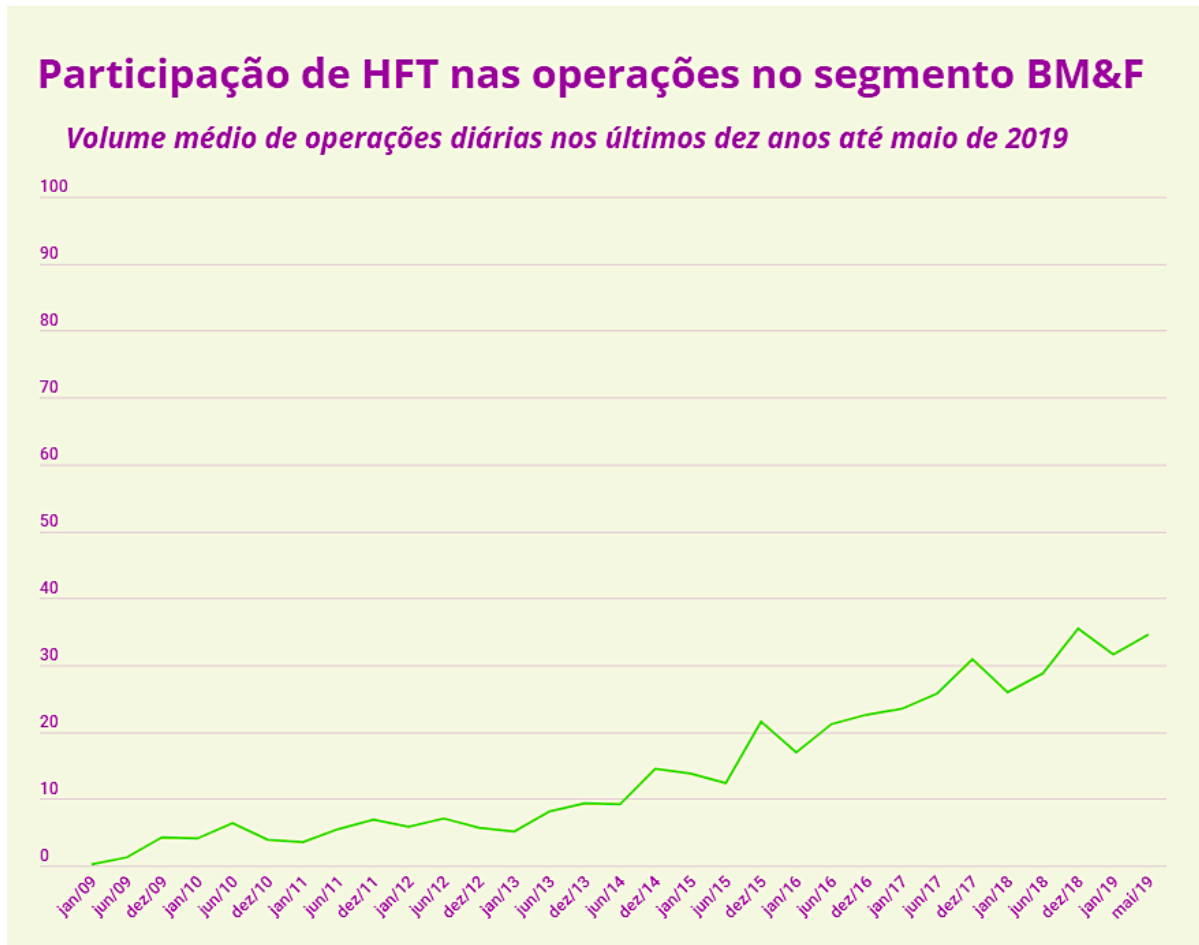
De acordo com Pinheiro (2020) o processo para utilizar essa tecnologia é semelhante ao de um banco tradicional, contudo, ao compartilhar as informações de cadastro com o robô é realizada uma classificação do perfil de investidor do cliente, e pré-selecionada uma carteira de ativos.

As operações realizadas por robôs *traders* são chamadas de HFT (*High Frequency Trading*), devido ao seu alto volume de negociações em um curto período de tempo. Um levantamento da participação das operações HFT na bolsa de valores brasileira, constatou que ao longo dos anos o volume médio de operações vem crescendo de maneira significativa (ANDRADE; GUILHERME, 2019).

² **Pregão ou pregão eletrônico** - tipo de licitação para aquisição ou contratação de “bens e serviços comuns” (produtos ou serviços facilmente encontrados no mercado), onde ocorre a disputa por meio de sessões públicas eletrônicas, com uma sucessão de lances e propostas (www.portaldecompraspublicas.com.br, 2021).

³ A Clear Corretora é uma empresa especializada em “Day Trade, Swing Trade, Minicontratos, Termo e Opções com as melhores plataformas e com corretagem zero” (corretora.clear.com.br, 2021)

Figura 1. Participação de robôs no volume de operações na Bolsa de Valores



Fonte: Jennefer Andrade e Guilherme Guilherme, 2019

A Figura 1 representa a curva do volume médio de negócios realizados diariamente por robôs no mercado financeiro, onde a automação se tornou cada vez mais presente, como um recurso fora da aplicação tradicional na indústria.

É de amplo conhecimento que a quantidade de informações cresce de forma exponencial no mundo, e, que pode ser mensurada pelo tamanho de armazenamento de informação (MOUTINHO, 2021).

Em 1986, seria possível preencher a capacidade mundial de armazenamento com a ajuda de todo o efetivo das tecnologias de comunicação disponíveis em 2 dias inteiros. Em 1993, levaria mais ou menos 8 dias; em 2000, 2,5 semanas; e em 2007, quase 8 semanas (HILBERT, 2007)

Com esse volume de informação sendo gerada, foi necessário buscar formas mais inteligentes para a realização de análises avançadas, que envolvem processamento de textos e imagens. Desta forma, a inteligência artificial começou a ganhar mais espaço.

Nos últimos anos a implantação de sistemas assistidos por inteligência artificial ampliou-se no mundo e no Brasil. A tecnologia já está presente em grandes empresas do ramo financeiro como o Banco Bradesco que utiliza o sistema IBM Watson (publicamente conhecido como BIA – Bradesco Inteligência Artificial), para resolver problemas e necessidade de seus clientes em curto espaço de tempo, além de auxiliar a empresa em análises mais aprofundadas de seus clientes, trazendo soluções mais adequadas ao tipo de perfil que cada cliente possui, proporcionando assim uma melhor experiência do usuário.

1.2 Objetivos

Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento, implementação e testes de um projeto de robô do tipo *trader*, assistido por inteligência artificial, para identificar sua eficiência e eficácia visando o lucro financeiro, e permitindo a utilização do projeto em situações reais.

Objetivo específicos

- Desenvolvimento de um algoritmo baseado em análises gráficas em um ambiente que possa ser utilizado em um processo real.
- Interpretação de variáveis de mercado e de gestão de riscos.
- Integração do código desenvolvido com um algoritmo genético e interpretação de resultados.

2. Conceituação

2.1 Linguagem de programação MQL5

A principal linguagem de programação voltada para o mercado financeiro de forma integrada projetada para o desenvolvimento de robôs é a *MetaQuotes Language 5* (MQL5). Ela disponibiliza um grande número de códigos-fonte e funções para a análise de ativos, os principais indicadores técnicos e as funções de gerenciamento e controle.

Esta linguagem é especializada e voltada a programação de alto nível orientada a objetos, o que permite criar robôs de negociação e indicadores técnicos. Está baseada na concepção da ampla difusão da linguagem de programação C++. No entanto, devido à sua especialização, a MQL5 também permite que se resolva, de melhor modo, as tarefas de negociação dos mercados financeiros. (METATRADER5, 2020)

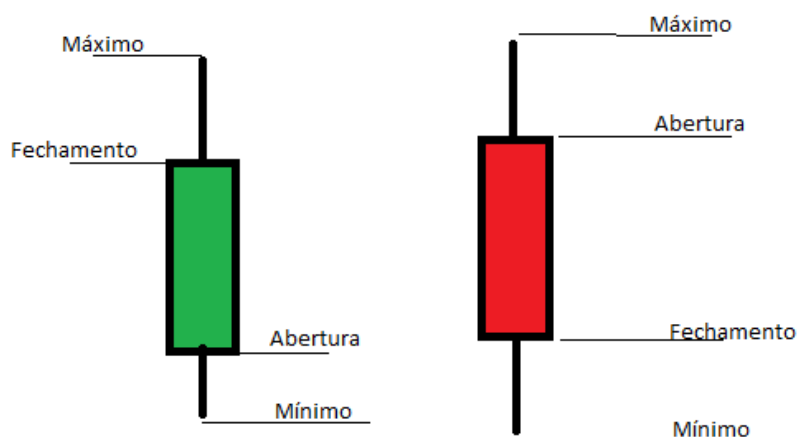
Por conta de sua abrangência é possível delegar em aplicativos MQL5 toda a análise e negociação do mercado financeiro. O Metatrader 5 é muito procurado e utilizado para o processo de análise de mercado e desenvolvimento de robôs, pois ele permite que o usuário realize testes de sua estratégia de forma totalmente gratuita e livre de riscos.

O Metatrader 5 conta com ferramentas gráficas para auxiliar nas técnicas de análise gráfica. Adicionalmente, há uma ampla comunidade que compartilha informações de estratégias e codificação, tornando assim o aprendizado facilitado e de forma totalmente gratuita.

2.2 Gráfico de candlestick

O gráfico *candlestick*, também conhecido como gráfico de vela, é comumente utilizado quando se deseja visualizar os valores de início e fim de cotações do frame em questão.

Figura 2. Candlestick



Fonte: Capitalnow, 2019

Considerando a Figura 2, do lado esquerdo pode-se observar a representação de um *candle* preenchido com a cor verde; nesse caso, o valor associado à sua base refere-se à cotação no momento da abertura do mercado, enquanto o valor do seu topo retrata a cotação no momento de fechamento do mercado. Do lado direito, pode-se observar outro *candle*, preenchido em vermelho, que indica que o valor em seu topo remete à cotação no momento de abertura de mercado, enquanto o valor em sua base refere-se à cotação no momento de fechamento de mercado. Em ambos os *candles* também é possível observar as cotações mínimas e máximas do período em questão, indicadas, respectivamente, nas extremidades inferiores e superiores

2.3 Análise técnica

A Análise Técnica e o *Tape Reading* são estratégias de curto prazo que se destacam no mercado financeiro. O *Tape Reading*, comumente chamado de Análise de Fluxo de Ordens, é uma técnica onde é possível identificar as tendências dos preços por meio de análises das ordens de compras e vendas no mercado.

Nesse tipo de análise o investidor faz a leitura dos negócios fechados e da dinâmica do Book de Ofertas, com o objetivo de identificar mudanças criadas pelos grandes players (investidores que trabalham com grandes volumes de dinheiro) nos movimentos dos preços e de se posicionar na mesma direção. Usar

o Tape Reading é como surfar na mesma onda dos investidores de peso seguindo os seus movimentos no mercado. (ALVES, 2019)

Como essa técnica utiliza tendências dos grandes *players* é empregada em operações de curto prazo, normalmente para o *day trade*. Já a análise técnica é fundamentada no estudo dos gráficos, que são gerados pelo movimento do mercado, no qual se tenta identificar os padrões que ocorreram no passado no mercado financeiro e que podem vir a se repetir. Com isso, o método busca identificar pontos de suporte, resistência e tendências para fazer a leitura e auxiliar na tomada de decisão.

2.4 A Backtesting

Um método muito utilizado para verificação e melhora de modelos estatísticos utilizados no mercado financeiro é o backtesting. Sua tradução “teste prévio”, exemplifica sua função pois com ele se faz uma análise de resultados de testes usando dados históricos relevantes, possibilitando prever o futuro. Essa tática é comumente utilizada para testar se a estratégia de trading está funcionando bem, e se ela pode performar com sucesso em operações futuras.

2.5 Teoria de Dow

A teoria de Dow também é bastante conhecida como teoria de chartismo, pois é uma teoria que referencia ao movimento das ações, sendo seu fundamento base o estudo de gráficos (do inglês *chart*, derivando o nome de chartismo). Essa teoria tem embasamento a análise técnica e outras tendências do mercado, se baseando em informações do passado para tentar prever o movimento das ações no futuro (Reis 2019). Os principais fundamentos da teoria de Dow são:

- Os índices já descontam tudo

Esse princípio indica que o mercado é eficiente, logo toda e qualquer notícia que impacta o mercado já é considerado nos preços das ações, assim refletindo a visão do mercado juntamente dos preços. (Reis 2019)

- O mercado tem três tendências;

A primeira tendência definida por Dow é mais movimentada tem mais força, a segunda é que as ondas variam conforme o mercado e por fim, é que os investidores escolhem seus ativos seguindo tendências. (Reis 2019)

- As tendências primárias têm três fases;

A primeira fase é a de acumulação, onde o mercado já considerou as informações e o ativo apresenta uma baixa, a segunda é a fase de participação pública, onde os investidores do mercado seguem a tendência e de maneira geral, compram os ativos e por fim, a fase de distribuição, que é quando o volume de operações aumenta por notícias divulgadas pela mídia. (Reis 2019)

- Médias e índices precisam mutuamente se confirmar;

Para uma tendência de alta ou baixa no mercado, os índices relacionados devem andar juntos, uma vez que, apesar de cada índice ser diferente, estes dependem de fatores similares. (Reis 2019)

- A tendência deve ser confirmada pelo volume;

A volumetria de um ativo deve se confirmar pela tendência, ou seja, quando há boas notícias referente a uma empresa que está com uma tendência de alta, espera-se que o volume de negociações tende a aumentar. (Reis 2019)

- A tendência se dá enquanto não existir sinal de reversão.

Se não houver uma troca de tendência (reversão), a tendência atual deve se manter. Partindo dos princípios de Dow, foi observado que o mercado possui três tendências formados pelo zigue-zague dos preços das ações. A primeira tendência é do mercado ao longo prazo, esse pode ser identificado ao analisar o gráfico de um ativo com uma base de referência de tempo de um ano ou mais. A segunda tendência é ao médio prazo, esse pode ser identificado ao analisar o gráfico de um ativo com uma base de referência de tempo de semanas ou meses. A terceira tendência é ao curto prazo, esse pode ser identificado ao analisar o gráfico de um ativo com uma base de referência de tempo de alguns dias ou semanas.

2.6 Inteligência artificial

A Inteligência artificial (IA) é uma evolução da tecnologia que tenta reproduzir a inteligência humana, para diversas aplicações, por meio de códigos e algoritmos onde as máquinas tem a possibilidade de desenvolver soluções de forma inteligente, sendo, as mais conhecidas, a *machinne learning*, a *deep learning* e o processamento de linguagem natural.

Apesar de sua tecnologia avançada a IA já era citada bibliograficamente e cinematograficamente há anos. Em 1927 foi lançado o filme “Metrópolis”, que apresentava um androide, sinalizando que o ser humano já imaginava e buscava por máquinas inteligentes. Em 1943, Warren McCulloch e Walter Pitts referenciaram as redes neurais⁴ em um artigo publicado.

Dentre as diversas áreas de atuação da IA no mercado financeiro a rede neural é mais comumente utilizada na tomada de decisão baseada em dados, onde há uma grande quantidade de informações, e a compilação desses dados geram variáveis que são ponderadas e calculadas em modelos no qual o resultado se torna muito valioso na tomada de decisão do negócio, ou até mesmo na própria decisão.

A IA ainda proporciona uma maior automatização dos processos, gerando uma margem menor de erros operacionais (aqueles causados por processos mecânicos executados por humanos), e garantindo assim uma menor exposição a riscos. Devido à alta velocidade no processo em que está aplicado, o resultado é muito mais rápido em comparação com uma análise manual de um ser humano.

Os erros operacionais podem causar perdas contábeis de forma direta, como por exemplo, uma lanchonete que prepara o pedido errado de um cliente e por esse erro os ingredientes utilizados acabam tendo como destino o lixo, não sendo lucrativos da forma como foram planejados para ser.

Contudo, os erros operacionais também podem ser interpretados no mundo dos negócios como oportunidades. Um dos possíveis riscos que pode derivar de um erro

⁴ Estruturas de raciocínio artificiais cujas bases eram modelos matemáticos que tentavam recriar o sistema nervoso humano

operacional é o risco reputacional. Utilizando o mesmo exemplo anterior, pode ocorrer um erro de preparo ou de oferta de um lanche, provocado em sua divulgação ao público, por meio de redes sociais. Nesta situação incidem sobre a divulgação as avaliações em sites ou até mesmo (comentários), por meio de “boca-boca”. Essa questão pode acabar tomando grandes dimensões, assim, a clientela que a lanchonete poderia captar por este canal não se cativa e não frequenta, ou seja, há uma perda de potencial de receita.

No longo prazo, para as empresas, a utilização de um sistema de IA pode ser uma solução bem vantajosa. Com sua implementação se consegue, na maioria dos casos, produzir mais do que se produz com o ser humano, e sem a limitação de trabalho por meio de leis.

2.7 Algoritmo Genético

Na busca de otimização de processos e soluções de problemas, existem várias variáveis envolvidas no processo, tornando a solução bastante complexa. Com o intuito de simplificar a resolução dessas questões, foi desenvolvido um modelo que é composto por uma entrada e uma saída, assim surgindo os algoritmos genéticos. Esses códigos são inspirados na teoria da evolução de Darwin, onde o mais forte ou mais adaptado sobrevive.

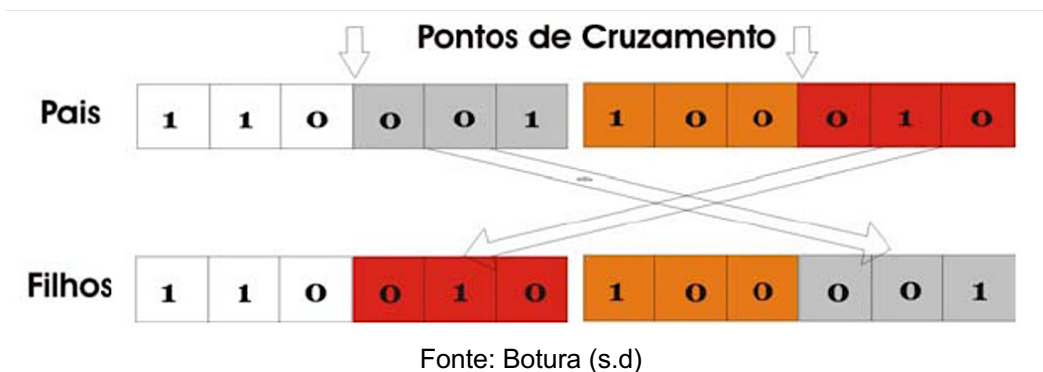
Segundo André Carvalho, professor da universidade de São Paulo:

Algoritmos Genéticos são muito eficientes para busca de soluções ótimas, ou aproximadamente ótimas em uma grande variedade de problemas, pois não impõem muitas das limitações encontradas nos métodos de busca tradicionais. Além de ser uma estratégia de gerar-e-testar muito elegante, por serem baseados na evolução biológica, são capazes de identificar e explorar fatores ambientais e convergir para soluções ótimas, ou aproximadamente ótimas em níveis globais.”
(CARVALHO, s.d)

Inicialmente é selecionado uma população de indivíduos de forma aleatória e então testados para ver qual o nível de aptidão que eles possuem para solução do problema, os mais aptos são selecionados e menos aptos são descartados. Os

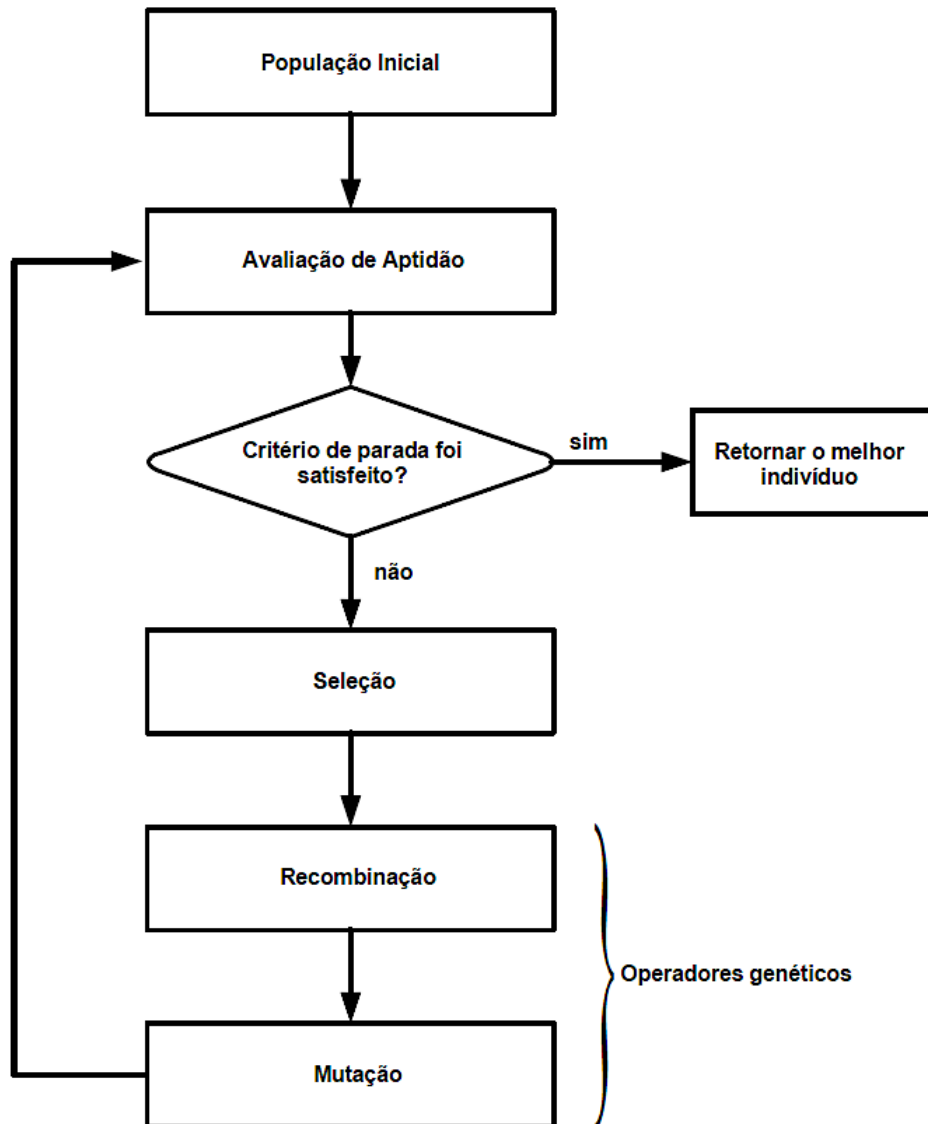
selecionados passarão para um processo de reprodução para gerar novos indivíduos que novamente serão testados e classificados por nível de aptidão para a solução do problema e esse ciclo se repetirá até que o resultado desejado seja atingido. (CARVALHO, s.d) Existem dois principais operadores genéticos, operador de mutação e operador de reprodução. O operador de reprodução, também conhecido como “*cross-over*”, é responsável pela recombinação das características dos seus antecessores. A recombinação é feita escolhendo aleatoriamente dois indivíduos da população e então é selecionado um ponto aleatório para ser o corte de recombinação. Com o corte definido, realizamos a permuta dos dois indivíduos, sendo a primeira parte de um indivíduo até o corte e a segunda parte completa pelo final do outro indivíduo, assim gerando um novo indivíduo. Na Figura 3, um exemplo de como é realizado uma recombinação. (MIRANDA, 2021)

Figura 3. Cruzamento de dois indivíduos (*Cross-Over*)



A mutação ocorre de forma aleatória entre os indivíduos de uma população, está garante uma maior varredura de soluções. Esse operador atua alterando um gene do indivíduo, assim criando um indivíduo para recombinar e testar. Na Figura 4, a estrutura de um algoritmo genético.

Figura 4. Estrutura de um algoritmo genético



Fonte: Alfredo, Bonini e Neto (2015)

Os algoritmos genéticos são ótimas soluções para problemas complexos de otimização, gerando soluções adaptativas que tendem a convergir para um resultado, tornando-se o meio de otimização mais indicado para integração com sistemas financeiros e gestão de investimentos.

3. Levantamento Bibliográfico

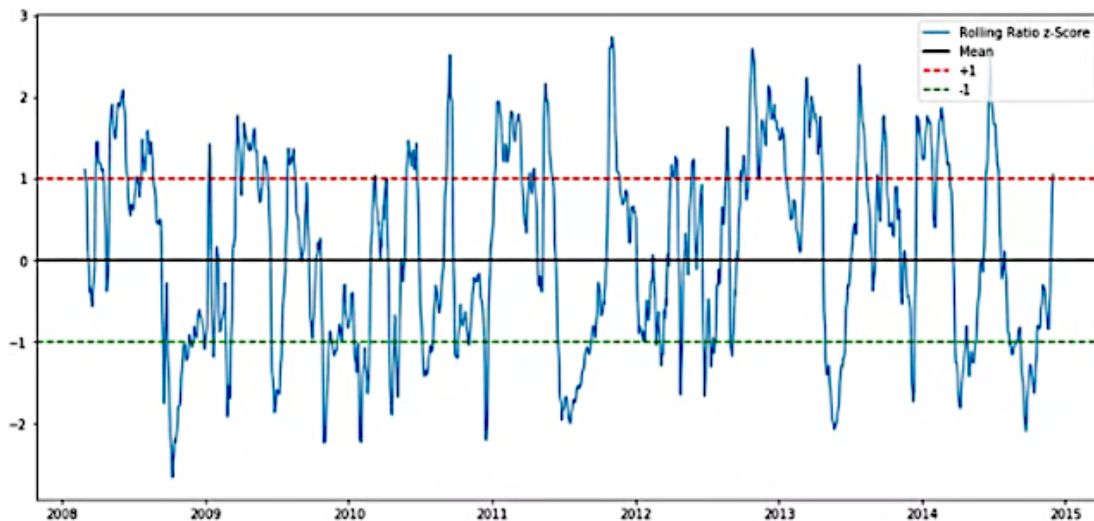
A seguir serão apresentados outros projetos de inteligência artificial integrados a robôs *traders* que foram utilizados como referência para o presente trabalho.

3.1 Aplicando inteligência artificial e machine learning no mercado financeiro

Buscando aplicação da pesquisa e conhecimento em inteligência artificial e *machine learning* Rodrigo de Losso, Professor da FEA-USP, realizou testes de aplicação de *machine learning* para identificar oportunidades de negócios, utilizando ações da Microsoft e Adobe com o objetivo de identificar padrões e sinais para determinar quais estratégias de *trading* apresentavam melhor desempenho. Para isso, foi utilizada a estratégia de *pairwise trading*, que consiste em um processo no qual é escolhido um par de ativos, cujo preço relativo siga um processo de reversão à média. Entretanto, para funcionar deve ter os sinais de compra e venda bem estabelecidos.

Utilizando um modelo estatístico que calcula um *score* para cada ponto gerado no gráfico, tornou-se possível determinar de maneira clara quando deveria entrar com *short* (vendido) ou com *long* (comprado). Na Figura 5 podemos verificar o gráfico dos momentos em que o *score* foi calculado, indicando compra ou venda dos ativos, identificados pelo cruzamento das linhas de +1 (compra) e -1 (venda).

Figura 5. Gráfico de score gerado



Fonte: Rodrigo Losso, 2019

Na Figura 6 as informações coletadas da trajetória dos ativos, e simultaneamente exibindo o sinal de compra ou venda das ações da Adobe (linha azul) e Microsoft (linha verde claro). Adicionalmente, há vários pontos da Figura 6 em que seguido do sinal de venda (vermelho) a ação realiza um movimento de queda e seguindo do sinal de compra (verde) a ação realiza um movimento de subida.

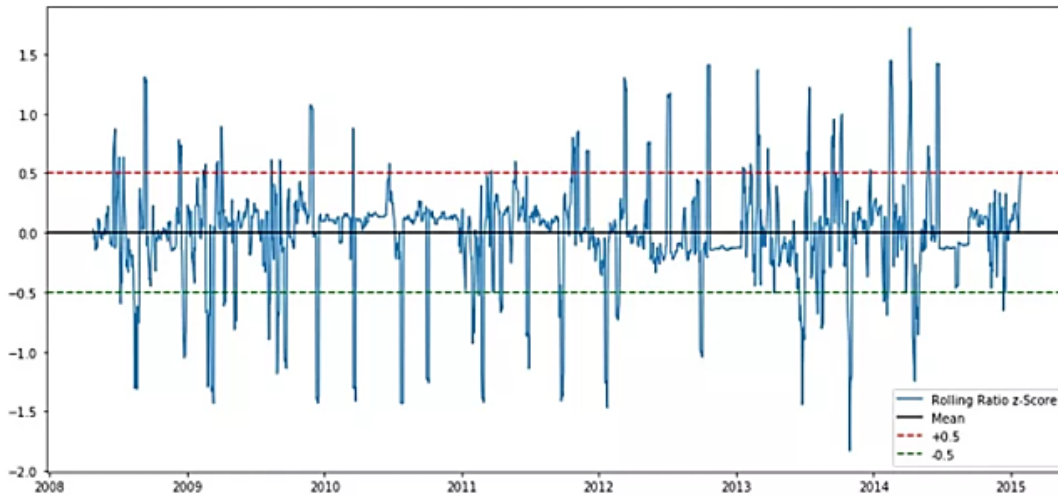
Figura 6. Trajetória de ativos Adobe e Microsoft



Fonte: Rodrigo Losso, 2019

Além disso, foi necessário realizar uma filtragem dos resultados, aplicando técnicas de processamento de sinais (filtragem) junto com busca por parâmetros ótimos que é uma técnica do *machine learning*, já que vários eventos que destoavam do resultado acabavam resultando negatividade no resultado, visto que é um maior número de oportunidades para verificar e não tão certas, tendo como consequência a necessidade de um maior poder de processamento de informação, logo há a necessidade de um computador mais potente.

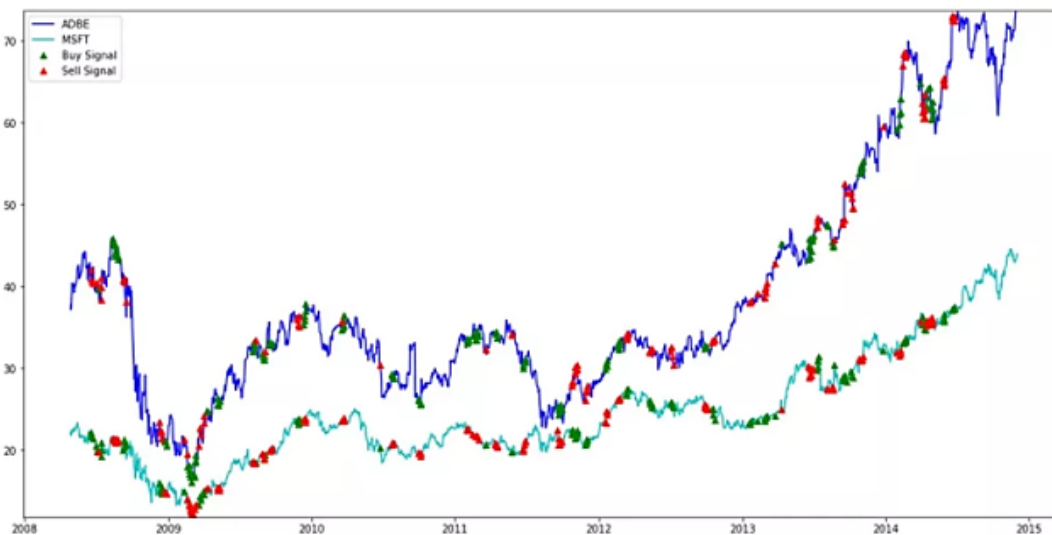
Figura 7. Score integrado com machine learning



Fonte: Rodrigo Losso, 2019

Como é possível observar na imagem acima, a aplicação integrada focou em casos mais certos, identificando um número muito menor de oportunidades, representadas pelos picos que ultrapassam as linhas de compra ou venda representadas por +1 e -1.

Figura 8. Resultado do projeto



Fonte: Rodrigo Losso, 2019

O resultado da pesquisa realizada mostrou ainda que o número de oportunidades identificadas é baixo devido ao processamento de sinais que realizou o filtro das oportunidades juntamente do *machine learning*, porém com alta assertividade.

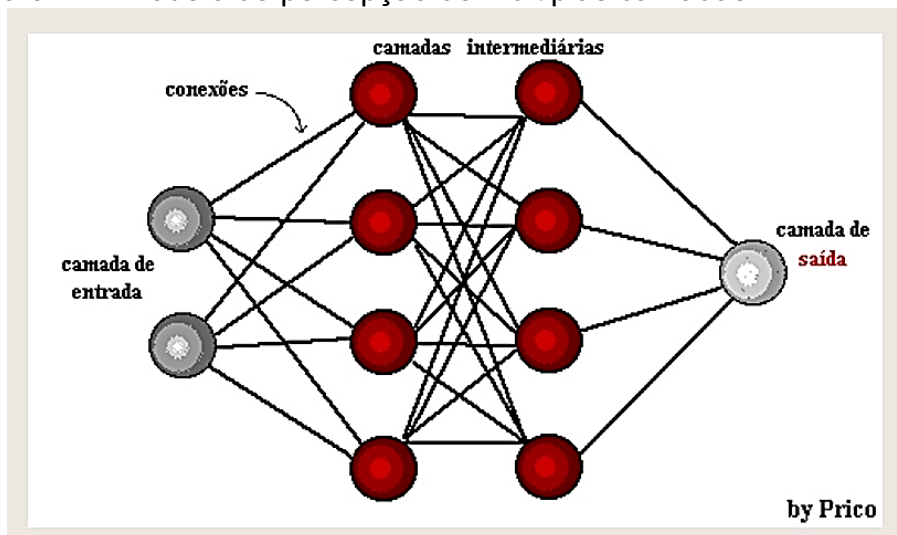
Além disso, verifica-se que a exposição a risco diminui consideravelmente, uma vez que o número de operações também diminuiu, conforme explicitado comparando as Figuras 5 e 7.

3.2 “Stock Price Prediction using Neural Network with Hybridized Market Indicators”

A previsão dos valores das ações é um dos tópicos mais importantes no mercado financeiro. Na tentativa de conseguir realizar a previsão com sucesso, há várias pesquisas utilizando diversas técnicas estatísticas, análises técnicas e fundamentalistas, gerando diversos resultados diferentes, entretanto essas análises isoladamente não são suficientes para trazer uma taxa de assertividade eficiente na previsão do mercado de ações (Adebiyi, Ayo, Adebiyi e Otokiti, 2012).

Foi realizado um estudo com a tentativa de aumentar a precisão da previsão do mercado de ações utilizando rede neural. O modelo utilizado no estudo consiste em uma N quantidade de variáveis de entrada x_i ($i=1,2,3...N$) e uma camada escondida de P quantidade de processamento de indivíduos k_m ($m=1,2,3...P$) e uma camada de saída o_d (Adebiyi, Ayo, Adebiyi e Otokiti, 2012). A Figura 9 abaixo mostra a representatividade do processo:

Figura 9. Modelo de percepção de múltiplas camadas



Fonte: Price

Para a hibridização foi identificado 18 variáveis de entrada para treinar na rede neural, sendo elas do tipo de análise técnica e fundamentalista. Foram realizados vários testes com diferentes configurações da rede neural, sendo elas 18-18-1, 18-19-1, 18-20-1, 18-21-1, 18-22-1, 18-23-1, 18-24-1, 18-25-1, 18-26-1, onde 18 corresponde ao número de variáveis de entrada, o valor do meio corresponde ao número de neurônios escondidos e o último número 1 corresponde ao número de saídas esperadas da rede neural. O modelo que teve o melhor resultado na predição do valor das ações foi o modelo 18-24-1 (Adebiyi, Ayo, Adebiyi e Otokiti, 2012). No Quadro 1, podemos verificar os resultados dos modelos testados:

Quadro 1. Resultado empírico da utilização de rede neural para modelo de predição

Sample of Daily Stock Price prediction										
Sample Period	Actual Value	Predicted Values with Different Neural Network Predictive Models								
		18-18-1	18-19-1	18-20-1	18-21-1	18-22-1	18-23-1	18-24-1	18-25-1	18-26-1
12/10/2008	18.03	17.72	18.04	19.71	17.70	19.06	18.43	18.04	17.86	17.42
12/11/2008	17.4	17.84	17.58	17.07	17.19	17.63	17.97	17.17	18.11	17.35
12/12/2008	16.6	16.53	16.98	17.59	16.29	17.63	16.90	16.65	17.44	15.77
12/15/2008	16.95	16.42	16.89	17.50	16.40	17.98	16.01	16.87	16.89	17.33
12/16/2008	17.13	18.23	17.75	16.77	16.67	17.86	18.48	16.96	17.32	16.54
12/17/2008	17.62	16.99	17.18	17.98	17.36	18.65	16.58	17.58	17.62	18.13
12/18/2008	17.54	16.73	17.05	18.89	17.25	19.21	16.78	17.94	17.00	17.00
12/19/2008	16.16	16.95	16.96	16.68	15.51	15.82	17.69	15.62	16.04	16.05
12/22/2008	16.56	16.65	16.82	16.01	16.71	16.82	17.14	16.85	15.89	15.44
12/23/2008	16.27	16.80	16.93	16.27	15.58	16.39	17.16	15.96	16.06	16.06
12/24/2008	16.1	15.40	16.25	16.82	15.65	17.10	15.77	16.24	16.51	15.36
12/26/2008	16.05	15.43	16.25	17.00	15.32	17.24	15.49	16.09	16.12	15.72
12/29/2008	15.95	16.30	16.54	15.61	15.50	16.38	16.21	15.91	15.62	15.58
12/30/2008	15.8	15.15	16.09	16.75	14.87	16.78	15.28	15.73	15.61	15.64

Fonte: Adebiyi, Ayo, Adebiyi e Otokiti , 2012

Comparando os resultados dos modelos com o valor atual de fechamento do mercado de ações, podemos confirmar que o modelo 18-24-1 foi o que apresentou o resultado mais próximo do real (comparação da segunda coluna com a nona coluna, ambos destacados em negrito), assim mostrando a alta eficiência na integração da inteligência artificial com o processo de predição de valor de ações (Adebiyi, Ayo, Adebiyi e Otokiti, 2012).

3.3 Um Algoritmo Genético para Seleção de Portfólio de Investimentos com Restrições de Cardinalidade e Lotes-Padrão

Buscando maximizar retorno de investimentos, considerando uma taxa de risco aceitável, foi realizado um projeto integrando um algoritmo genético na gestão de uma carteira com empresas do Ibovespa no período de 2010 (Tourinho, Oliveira e Veras 2013). O modelo estendido de Markowitz é definido pela média ponderada dos retornos individuais de cada ação, e o risco é mensurado pela soma das variâncias dos ativos e das covariâncias entre todos os ativos, é um modelo que visa maximizar o lucro enquanto reduz o risco (Markowitz 1959). O modelo pode ser cálculo pela equação 1:

$$\max R_p = \sum_{i=1}^n w_i r_i \dots \dots \dots (1)$$

Onde: n é o número de ações,

R_p é a taxa total esperada de retorno;

r_i é a taxa de retorno esperada para a ação;

w_i representa a fração do capital investido (Tourinho, Oliveira e Veras, 2013).

O estudo foi realizado utilizando 40 empresas distintas que compõem o índice Ibovespa, desconsiderando as empresas que sofreram processo de fusão ou que não faziam parte do índice Ibovespa em 2010. Para determinar o melhor parâmetro para o algoritmo, foi testado de 600 até 1000 gerações, onde houve convergência próximo da geração 800, sendo assim foi escolhido o valor de 800 com melhor parâmetro (Tourinho, Oliveira e Veras, 2013). Utilizando lotes-padrão (pacote de ações que contempla o total de 100 ações, foi considerada como restrição de cardinalidade portfólios de 10, 15, 10, 25 e 30 ações. Quanto ao capital inicial investido, analisou-se instâncias nos valores de R\$ 300.000,00, R\$ 500.000,00, R\$ 700.000,00 e R\$ 1.000.000,00 (Tourinho, Oliveira e Veras, 2013).

Quadro 2. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$300.00,00

Número de Ações do Portfólio	Portfólio Otimizado		Previsão para 2011	
	Melhor Retorno	Retorno Médio	Melhor Retorno	Retorno Médio
10 Ações	-0,13%	-0,83%	0,1%	-0,77%
15 Ações	-0,85%	-1,33%	-0,15%	-0,55%
20 Ações	-1,05%	-1,56%	-0,69%	-1,16%
25 Ações	-1,13%	-1,68%	-0,76%	-1,39%
30 Ações	-1,52%	-1,91%	-1,16%	-1,84%

Fonte: Tourinho, Oliveira e Veras, 2013.

Quadro 3. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$500.000,00

Número de Ações do Portfólio	Portfólio Otimizado		Previsão para 2011	
	Melhor Retorno	Retorno Médio	Melhor Retorno	Retorno Médio
10 Ações	-0,37%	-0,99%	-0,57%	-1,32%
15 Ações	-0,45%	-1,40%	-0,37%	-0,98%
20 Ações	-0,95%	-1,49%	0,12%	-1,04%
25 Ações	-1,42%	-1,92%	-0,47%	-1,54%
30 Ações	-1,79%	-2,07%	-0,86%	-1,64%

Fonte: Tourinho, Oliveira e Veras, 2013.

Quadro 4. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$700.000,00

Número de Ações do Portfólio	Portfólio Otimizado		Previsão para 2011	
	Melhor Retorno	Retorno Médio	Melhor Retorno	Retorno Médio
10 Ações	0,09%	-0,77%	-0,84%	-1,36%
15 Ações	-1,19%	-1,46%	-0,33%	-0,98%
20 Ações	-0,91%	-1,67%	-0,45%	-1,09%
25 Ações	-1,23%	-1,95%	-1,19%	-1,63%
30 Ações	-1,54%	-1,91%	-1,18%	-1,56%

Fonte: Tourinho, Oliveira e Veras, 2013..

Quadro 5. Percentual de lucro sobre capital investido de R\$1.000.000,00

Número de Ações do Portfólio	Portfólio Otimizado		Previsão para 2011	
	Melhor Retorno	Retorno Médio	Melhor Retorno	Retorno Médio
10 Ações	-0,55%	-1,24%	-0,23%	-1,40%
15 Ações	-0,72%	-1,38%	0,10%	-0,23%
20 Ações	-1,13%	-2,00%	-0,63%	-1,04%
25 Ações	-1,41%	-2,14%	-0,73%	-1,19%
30 Ações	-1,67%	-2,46%	-0,90%	-1,51%

Fonte: Tourinho, Oliveira e Veras, 2013.

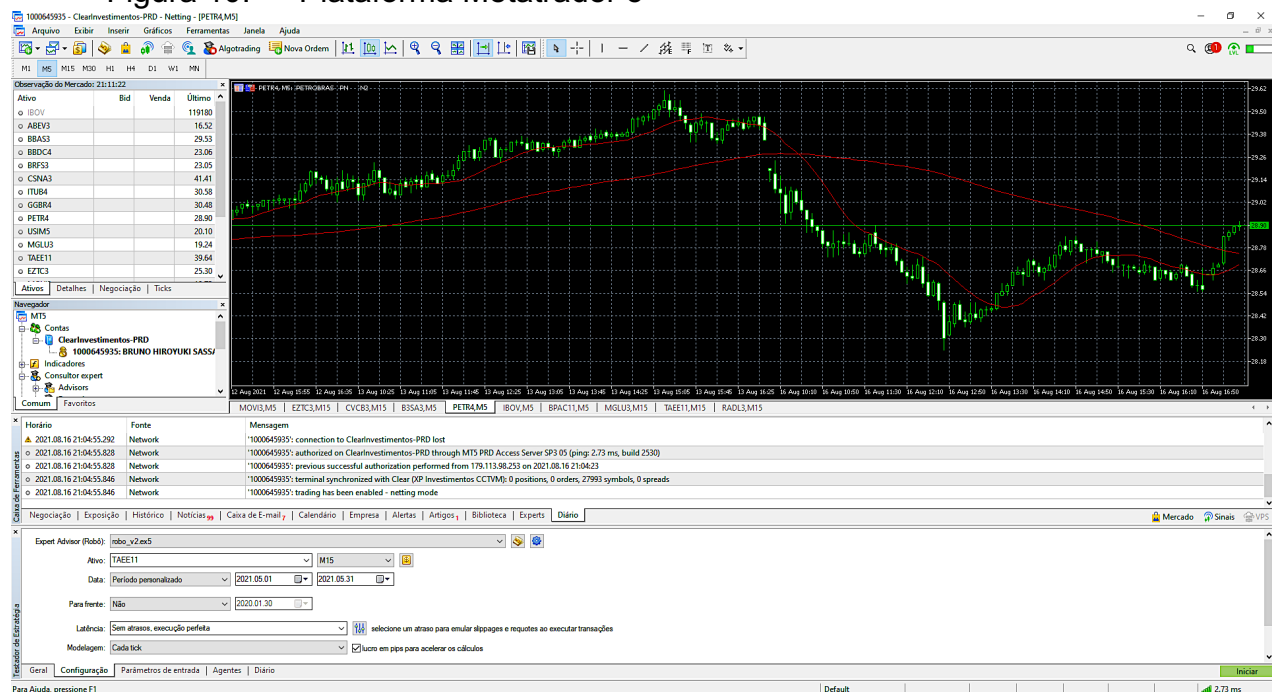
De maneira geral, ao comparar os quadros 2, 3, 4 e 5 os melhores resultados da otimização foram obtidos com os menores portfólios (10 e 15 ações). Adicionalmente, comparando os quadros observou-se que o aumento no orçamento disponível potencializou a queda no retorno, em função do aumento na cardinalidade conforme expresso no Quadro 5, onde o maior capital investido (R\$ 1.000.000,00) gerou também o maior prejuízo (-2,46% com 30 ações), enquanto o menor orçamento (R\$ 300.000,00) resultou na menor onerosidade (-1,91% com 30 ações). Isso deve-se ao fato de o algoritmo ser obrigado a designar uma maior parcela do capital a ações que tiveram um desempenho indesejável durante o período analisado (Tourinho, Oliveira e Veras 2013).

O desempenho do algoritmo genético foi muito positivo, visto que a aplicação dele causou redução nas perdas em comparação com a média nas carteiras com até 15 ativos. Adicionalmente a aplicação do algoritmo genético proporcionou resultados que superam as previsões para o ano seguinte (Tourinho, Oliveira e Veras, 2013), comprovando assim a sua viabilidade nos processos que envolvem otimização de soluções envolvendo análises dos ativos da bolsa de valores.

4. Material e Método

Para o desenvolvimento do trabalho, a plataforma Metatrader 5 (Figura 10) foi o ambiente responsável para a criação do robô e por sua integração com a ferramenta de inteligência artificial.

Figura 10. Plataforma Metatrader 5



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Por meio da linguagem de programação disponibilizada pela plataforma é possível desenvolver algoritmos e incorporar estratégias de negócios para inúmeros projetos e estudos. Adicionalmente é necessário um login da plataforma que é disponibilizado pela corretora. Por meio do login a corretora faz a sincronização e conexão com a bolsa de valores, assim obtêm-se todas as informações disponibilizadas pela bolsa brasileira, tais como: dados históricos (desde a oferta pública dos papéis até o presente momento), informações em tempo real da cotação de todos os ativos negociados na bolsa de valores B3, além da possibilidade de enviar ordens de compra ou venda de ativos, que sincroniza com a corretora para realizar operações ao vivo.

Para o desenvolvimento de um robô, que gere lucros por meio de operações financeiras envolvendo ativos disponíveis na bolsa de valores brasileira, é necessário o emprego dos conceitos de análise técnica, utilizada nas operações de curto prazo, por

meio de gráficos formados pelas oscilações de preço das ações. O primeiro passo foi a definição da estratégia, que consiste na análise de tendências por médias móveis, comparando a média móvel de curto prazo com a média móvel de longo prazo. Esta estratégia consiste em basicamente análise gráfica, inspirado na teoria de Dow (citado na conceituação).

Se uma ação está com uma tendência de queda ela continuará a cair até que haja uma reversão para que ela comece a subir de valor. No gráfico, utilizando a visão em *candlesticks* (tipo de visualização gráfica do movimento de preço de uma ação, assemelha bastante com uma vela, mais detalhes no capítulo de conceituação) pode-se observar essa tendência verificando os topos e fundos da variação dos preços, onde se percebe uma sequência de *ticks*⁵ em que há cada vez mais topos mais baixos, identificando que o ativo está em uma tendência de queda. Da mesma forma, se observado topos cada vez mais altos, constata-se uma tendência de alta.

Figura 11. Gráfico de uma tendência de queda



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

⁵ Nomenclatura utilizada para cada informação recebida proveniente do movimento das ações, uma sequência de ticks forma um candle.

Os gráficos gerados por ações não são lineares, ainda é possível verificar que há topos cada vez mais baixos categorizando uma tendência de baixa ou queda, como ilustrados na Figura 11.

Na Figura 12 observa-se que os topos estão cada vez mais altos, categorizando uma tendência de alta ou tendência de subida

Figura 12. Gráfico de uma tendência de alta



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Identificando as tendências nos gráficos pode-se notar que se uma ação está na tendência de alta, sua média móvel irá tentar acompanhar o movimento de subida, e assim terá seu valor ao longo do tempo representado como uma curva ascendente; seu inverso também é válido, caso uma ação esteja na tendência de baixa, a sua média ao longo do tempo será representada como uma curva descendente.

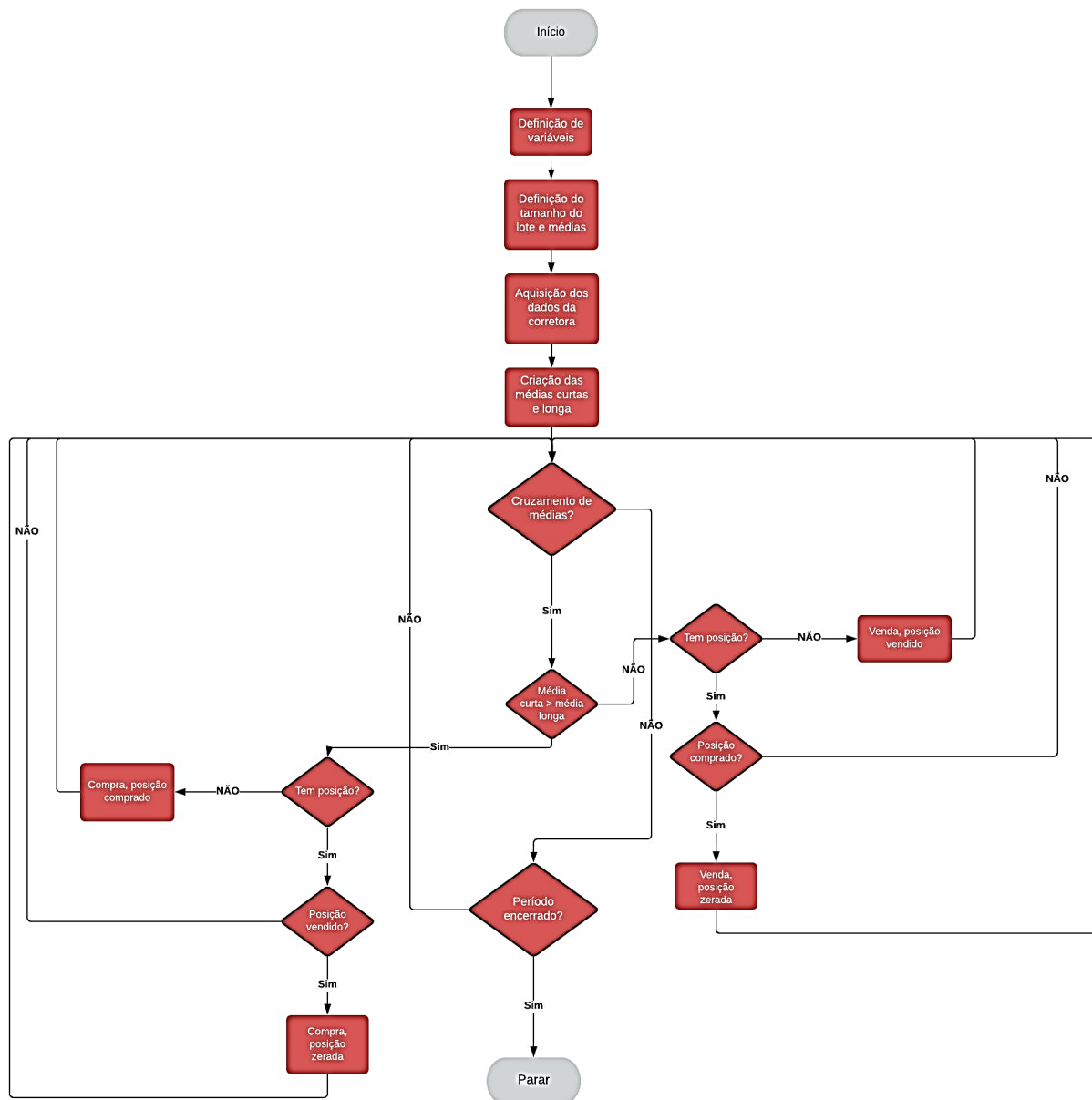
Ao coletar dados de um longo período, nota-se a presença de um grande número de *ticks* no gráfico, a partir deles é possível avaliar o comportamento do ativo no período em questão. Esse tipo de análise pode ser realizado de duas formas: uma é avaliando um curto prazo, consequentemente contendo poucos *ticks*; a outra, é avaliando um prazo mais extenso, e por consequência se obterá uma média com muitos *ticks*. Essas análises podem servir como ferramenta para identificar oportunidades de operações em curto prazo.

A adoção da análise técnica, em conjunto com a tecnologia, possibilitou o desenvolvimento de um algoritmo que prevê os movimentos do mercado. Ao observar

médias ao longo do tempo identificam-se tendências no mercado; logo, ao verificar um cruzamento de médias móveis pode-se detectar o indicativo de uma nova tendência de mercado se formando, e rompendo a anterior. Para ilustrar a lógica de programa desenvolvida, podemos verificar na Figura 13 abaixo, o fluxograma utilizado para auxiliar o desenvolvimento do código. Primeiramente é necessário a definição de variáveis que serão utilizadas nos cálculos a serem realizados pelo robô, em seguida é feita a definição de variáveis, onde o lote é definido como 100 ações e foi considerada uma média móvel curta correspondendo a faixa de 60 minutos (1 hora), equivalendo a 12 *ticks* do gráfico. Já a média longa foi utilizada uma faixa de 96 *ticks*, que é equivalente a 480 minutos (8 horas), sendo esse o valor de tempo de um dia de pregão (das 10 horas às 18 horas). Considerando a referência de tempo de 5 minutos⁶ temos as médias móveis que definem a tendência do mercado. Com os valores de médias e lote definidos, é necessário realizar a aquisição dos dados e armazená-los em vetores para criação das médias móveis. Tendo em vista que um cruzamento de uma média longa (96 *ticks*) com uma média móvel curta (12 *ticks*) é factível identificar e emitir um sinal de compra ou venda. No caso de um cruzamento em que a média móvel longa está com valor abaixo da média móvel curta tem-se tendência de alta, sugerindo assim que este é um sinal de compra. Já quando o cruzamento da média móvel longa está com um valor acima da média móvel curta, ou com topos cada vez mais baixos no gráfico, tem-se uma tendência de queda, deste modo um sinal de venda. Tanto na venda quanto na compra pode-se obter lucro. Uma vez verificado que já estamos posicionados em uma tendência (comprado ou vendido), ao receber um sinal contrário a posição, entende-se que a tendência do mercado irá mudar, logo zeramos a posição (em caso de posição comprada, executamos uma ordem de venda e não temos mais posição e em caso de posição vendida, executamos uma ordem de compra e não temos mais posição).

⁶ As movimentações ocorridas dentro de 5 minutos são representadas por um *candle*.

Figura 13. Fluxograma da lógica do robô



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A título de exemplo, na operação de compra, ao comprar uma ação no valor de 10 reais e vender ao preço de 12 reais, terá 2 reais de lucro por ação. De forma inversa, na operação de venda ao vender uma ação a 12 reais e depois comprar por 10 reais também terá um lucro de 2 reais por ação. utilizando a linguagem de programação do *Metatrader 5* (MQL5) foi desenvolvido o código que realiza a lógica descrita

anteriormente, tomando como base um lote (100 ações) e sem alavancagem (aumento do risco por um “empréstimo” por parte da corretora). Para avaliar a performance do robô desenvolvido e sua funcionalidade foram realizados testes em períodos de crise e pós crise em alguns papéis negociados na bolsa brasileira. No anexo 1 desse trabalho é possível conferir o código do robô. O código desenvolvido é compilado pelo próprio compilador do Metatrader 5, que é uma IDE (*Integrated Development Enviroment*, ambiente onde é desenvolvido o programa) que já contempla todas as bibliotecas necessárias para o desenvolvimento do código.

O algoritmo compilado é salvo em uma pasta a escolha do usuário e este deve ser carregado no testador de estratégia do *Metatrader 5*, conforme a Figura 14 a seguir:

Figura 14. Testador de estratégia do *Metatrader 5*

Expert Advisor (Robô): robo_v2.ex5

Ativo: TAEE11 M15

Data: Período personalizado 2021.05.01 2021.05.31

Para frente: Não 2020.01.30

Latência: Sem atrasos, execução perfeita

Modelagem: Cada tick

seleção um atraso para emular slippages e requotes ao executar transações

lucro em pips para acelerar os cálculos

Geral | Configuração | Parâmetros de entrada | Agentes | Diário

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Na configuração do testador de estratégia, temos no primeiro campo o código do robô carregado, seguido da ação em que vamos testar e o tempo gráfico (período a ser representado por um *candle*, ou seja, o movimento do valor da ação) a ser utilizado para a análise.

A inteligência artificial escolhida para integrar a este projeto foi o algoritmo genético, visto que para aplicações do mercado financeiro é a mais indicada, uma vez que este sempre converge para uma solução. O algoritmo genético é disponibilizado por padrão dentro do *Metatrader 5*, o seu processo de cálculo segue as regras padrão, em que é escolhido de forma aleatória dois indivíduos da população a ser testada. Os dois indivíduos escolhidos são testados e apenas o mais apto para a solução é mantido e o outro é descartado e o teste continua até que todos os indivíduos da população forem testados. Com os selecionados é realizado o processo de reprodução (*cross-over*, conforme citado na conceituação) e gerando novos indivíduos que serão testados para

verificar os mais aptos para a solução do problema. Os cruzamentos ocorrem até que não seja verifico mais taxa de melhora no parâmetro de otimização escolhido. O objetivo desse projeto é o desenvolvimento do robô com a maior rentabilidade, assim é utilizado o saldo da carteira como principal parâmetro de referência para avaliar o desempenho. Para configuração dos testes de otimização, foi realizado as mesmas configurações realizadas anteriormente, com a diferença de seleção na parte de otimização de algoritmo genético rápido (antes desabilitado) com o saldo máximo de padrão de referência.

Figura 15. Configuração da otimização

Data:	Período personalizado	2021.05.01	2021.05.31
Para frente:	Não	2020.01.30	
Latência:	Sem atrasos, execução perfeita	selecione um atraso para emular slippages e requotes ao executar transações	
Modelagem:	Cada tick	<input checked="" type="checkbox"/> lucro em pips para acelerar os cálculos	
Depósito:	10000	BRL	1:100 alavancagem
Otimização:	Algoritmo baseado em genética rápida	Saldo máximo	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Com as duas configurações definidas, foi coletado resultados do desempenho do robô com e sem o auxílio da otimização do algoritmo genético e averiguado os impactos resultantes da variável de volumetria de negociação. Adicionalmente os testes com auxílio do algoritmo genético devem mostrar resultados melhores em comparação do robô sem essa integração, uma vez que os indivíduos mais adaptados para a solução serão escolhidos, além de uma melhor na gestão de riscos com uma exposição menor, identificado por menos operações realizadas.

5. Resultados do robô

6.1 Testes com Magazine Luiza (MGLU3)

Para iniciar o processo foi realizado testes com a empresa Magazine Luiza S.A negociada na Bolsa de Valores brasileira (B3) com o *ticker* MGLU3, em que a principal atividade econômica é a atividade varejista com foco em bens duráveis. No Quadro 6 é possível verificar suas informações de mercado:

Quadro 6. Resumo de negociações MGLU3

Mercado de Ações	Totais dos pregões Ref: Abr/2021		Totais dos pregões Ref: Mai/2020 - Abr/2021	
	Negociações	Volume (R\$)	Negociações	Volume (R\$)
Lote-Padrão	945.778	11.562.798.944,00	14.738.733	230.522.046.698,00
Exercício de Opções de Compra	394	42.488.374,00	4.810	1.370.322.027,00
Exercício de Opções de Venda	621	117.802.969,00	2.660	969.430.816,00
Mercado a Termo	810	51.469.947,93	16.609	948.286.351,68
Opções de Compra	43.824	39.977.064,00	455.422	1.167.119.310,00
Opções de Venda	27.269	67.448.014,00	185.455	501.067.718,00
Mercado Fracionário	218.198	70.164.349,98	3.843.386	2.565.951.736,14
Total Geral	1.236.894	11.952.149.662,91	19.247.075	238.044.224.656,82
Participação Empresa/Setor	48,66%	50,41%	42,32%	45,87%
Participação Setor/BOVESPA	3,48%	3,72%	4,81%	6,46%

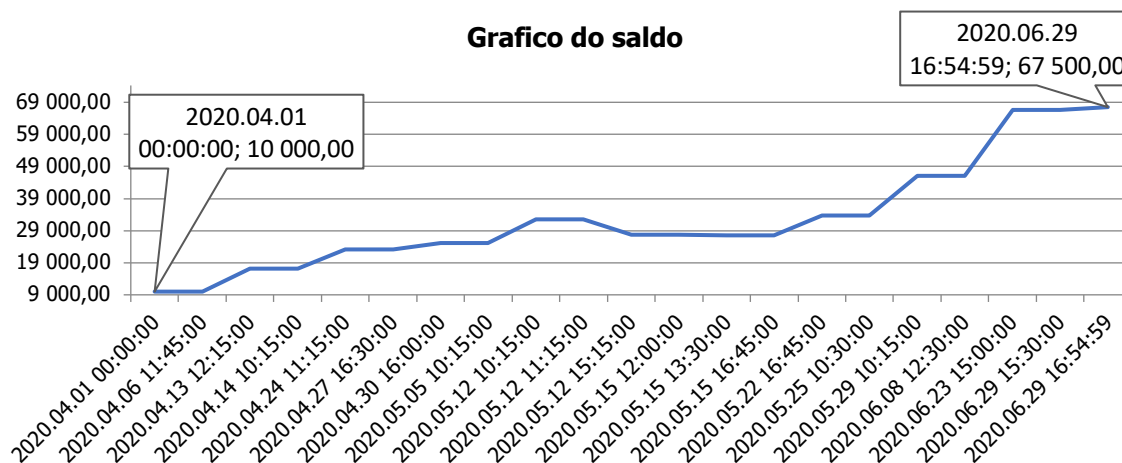
Fonte: B3, 2020

Neste quadro são apresentadas as informações como lote-padrão que representa a quantidade de negociações e volume de dinheiro negociado em lotes (pacote equivalente a cem ações), quantidade e volume negociado em compra e venda de opções (instrumento financeiro utilizado no mercado, onde o investidor pode escolher o valor de compra ou venda e a contraparte deve honrar o contrato ao término do contrato), quantidade e volume de negociações no mercado fracionário (pacote fracionado de um lote, ou seja, negociação de ações no intervalo de um (1) a noventa e nove (99) ações), quantidade e volume de ações negociadas a termo (instrumento financeiro utilizado no mercado, onde é “emprestado” ações de um outro investidor por um determinado período de tempo), quantidade e volume do total negociado na bolsa de valores referente a essa empresa, percentual de participação da empresa no setor de atividade econômica e o percentual que a empresa tem de participação na bolsa de valores como um todo. Todas essas variáveis são para dar um entendimento melhor

sobre a empresa a ser testada no robô desenvolvido, sendo o principal ponto de análise, a volumetria de negociações realizadas, pois quanto maior o volume de negociações de uma ação, maior o número de oscilações de preço que ela vai ter, logo em uma análise gráfica, vamos ter mais pontos diferentes em um curto período, que é o principal fator de impacto no robô.

No resumo de negociações no período de maio de 2020 até abril de 2021, apresentado no Quadro 6, ocorreu um alto volume de negociação, representando uma participação na BOVESPA de aproximadamente 6,5% com quase 240 milhões de reais (Total Geral e Participação Setor/BOVESPA localizado no Quadro 6). Inicialmente, foi analisado o período de 01 de abril de 2020 até 30 de abril de 2020, no ápice da crise da pandemia do Corona Vírus.

Figura 16. Performance da carteira - MGLU3 de 04/2020 - 06/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 1. Negociações - MGLU3 de 04/2020 - 06/2020

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.04.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.04.06 11:45:00	2	MGLU3	buy	in	100	9.58	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Compra a mercado
2020.04.13 12:15:00	3	MGLU3	sell	out	100	10.30	3	0.00	0.00	7 200.00	17 200.00	Venda, posição zerada
2020.04.14 10:15:00	4	MGLU3	buy	in	100	10.74	4	0.00	0.00	0.00	17 200.00	Compra a mercado
2020.04.24 11:15:00	5	MGLU3	sell	out	100	11.34	5	0.00	0.00	6 000.00	23 200.00	Venda, posição zerada
2020.04.27 16:30:00	6	MGLU3	buy	in	100	12.36	6	0.00	0.00	0.00	23 200.00	Compra a mercado
2020.04.30 16:00:00	7	MGLU3	sell	out	100	12.55	7	0.00	0.00	1 900.00	25 100.00	Venda, posição zerada
2020.05.05 10:15:00	8	MGLU3	buy	in	100	13.14	8	0.00	0.00	0.00	25 100.00	Compra a mercado
2020.05.12 10:15:00	9	MGLU3	sell	out	100	13.89	9	0.00	0.00	7 500.00	32 600.00	Venda, posição zerada
2020.05.12 11:15:00	10	MGLU3	buy	in	100	14.04	10	0.00	0.00	0.00	32 600.00	Compra a mercado
2020.05.12 15:15:00	11	MGLU3	sell	out	100	13.55	11	0.00	0.00	-4 900.00	27 700.00	Venda, posição zerada
2020.05.15 12:00:00	12	MGLU3	buy	in	100	13.73	12	0.00	0.00	0.00	27 700.00	Compra a mercado
2020.05.15 13:30:00	13	MGLU3	sell	out	100	13.71	13	0.00	0.00	-200.00	27 500.00	Venda, posição zerada
2020.05.15 16:45:00	14	MGLU3	buy	in	100	13.70	14	0.00	0.00	0.00	27 500.00	Compra a mercado
2020.05.22 16:45:00	15	MGLU3	sell	out	100	14.32	15	0.00	0.00	6 200.00	33 700.00	Venda, posição zerada
2020.05.25 10:30:00	16	MGLU3	buy	in	100	15.03	16	0.00	0.00	0.00	33 700.00	Compra a mercado
2020.05.29 10:15:00	17	MGLU3	sell	out	100	16.26	17	0.00	0.00	12 300.00	46 000.00	Venda, posição zerada
2020.06.08 12:30:00	18	MGLU3	buy	in	100	15.60	18	0.00	0.00	0.00	46 000.00	Compra a mercado
2020.06.23 15:00:00	19	MGLU3	sell	out	100	17.66	19	0.00	0.00	20 600.00	66 600.00	Venda, posição zerada
2020.06.29 15:30:00	20	MGLU3	buy	in	100	17.48	20	0.00	0.00	0.00	66 600.00	Compra a mercado
2020.06.29 16:54:59	21	MGLU3	sell	out	100	17.57	21	0.00	0.00	900.00	67 500.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 17. Negociações do ativo MGLU 3 de 04/2020 - 06/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

No histórico de negociações representado pela Tabela 1, foi observado o total de 20 negociações (oferta 1 é do tipo balance, que significa saldo inicial, logo não conta como negociação) resultando em uma performance positiva de R\$57.500,00 (diferença do saldo inicial da oferta 1 com o saldo final da oferta 21 → $R\$57.500,00 = R\$67.500,00 - R\$10.000,00$, para o teste foi estipulado o valor fictício inicial de R\$ 10.000,00 (saldo da oferta 1), tendo como resultado na carteira R\$ 67.500,00 (saldo da oferta 21). É importante destacar que houve operações com perdas, ou seja, lucro negativo (saldo das ofertas 11 e 13) que representa a deficiência do algoritmo desenvolvido.

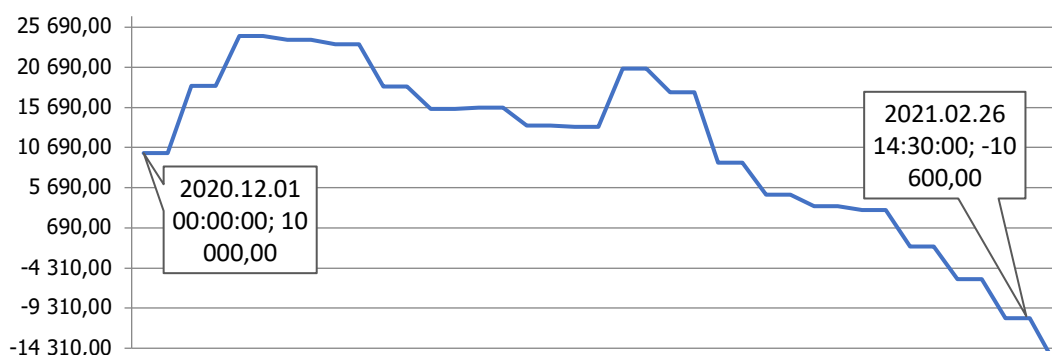
Adicionalmente, mesmo não estando 100% em performance (Figura 17), houve o cruzamento das médias móveis, sendo que a operação de venda (simbolizada pela seta vermelha para baixo) foi realizada quando a média móvel curta cruzou para baixo com a média móvel longa; logo após finalizou a operação, no momento em que a média móvel curta cruzou para cima com a média móvel longa (simbolizada pela seta azul para cima), comprando um lote e zerando a posição. Desse modo, apresentou uma resposta exatamente da forma para a qual foi projetado.

Com base nesse teste, foi comprovada a eficiência do robô em um período que a economia brasileira se encontrava em crise, com uma tendência de movimento bem definida.

Em uma segunda fase o robô foi testado para ver sua performance num período de recuperação parcial (de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021 – onde o índice Ibovespa voltou a crescer, ao patamar que se encontrava antes da crise).

Em uma situação de recuperação da economia, o movimento de queda ou subida não é tão definido, tornando assim o cenário nebuloso devido ao alto risco que apresenta, por conta da recente crise. Os resultados podem ser observados abaixo.

Figura 18. Performance da carteira - MGLU3 de 12/2020 - 02/2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 2. Negociações - MGLU3 de 12/2020 - 02/2021

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.12.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.12.03 12:15:00	2	MGLU3	buy	in	100	23.17	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Compra a mercado
2020.12.09 14:30:00	3	MGLU3	sell	out	100	24.01	3	0.00	0.00	8 400.00	18 400.00	Venda, posição zerada
2020.12.14 15:15:00	4	MGLU3	buy	in	100	23.84	4	0.00	0.00	0.00	18 400.00	Compra a mercado
2020.12.17 17:15:00	5	MGLU3	sell	out	100	24.46	5	0.00	0.00	6 200.00	24 600.00	Venda, posição zerada
2020.12.21 13:00:00	6	MGLU3	buy	in	100	24.81	6	0.00	0.00	0.00	24 600.00	Compra a mercado
2020.12.28 10:13:00	7	MGLU3	sell	out	100	24.76	7	0.00	0.00	- 500.00	24 100.00	Venda, posição zerada
2020.12.28 17:15:00	8	MGLU3	buy	in	100	25.23	8	0.00	0.00	0.00	24 100.00	Compra a mercado
2021.01.04 10:15:00	9	MGLU3	sell	out	100	25.18	9	0.00	0.00	- 500.00	23 600.00	Venda, posição zerada
2021.01.04 17:15:00	10	MGLU3	buy	in	100	25.30	10	0.00	0.00	0.00	23 600.00	Compra a mercado
2021.01.05 10:30:00	11	MGLU3	sell	out	100	24.77	11	0.00	0.00	-5 300.00	18 300.00	Venda, posição zerada
2021.01.08 15:45:00	12	MGLU3	buy	in	100	23.84	12	0.00	0.00	0.00	18 300.00	Compra a mercado
2021.01.11 12:30:00	13	MGLU3	sell	out	100	23.56	13	0.00	0.00	-2 800.00	15 500.00	Venda, posição zerada
2021.01.12 12:30:00	14	MGLU3	buy	in	100	23.75	14	0.00	0.00	0.00	15 500.00	Compra a mercado
2021.01.13 13:45:00	15	MGLU3	sell	out	100	23.77	15	0.00	0.00	200.00	15 700.00	Venda, posição zerada
2021.01.13 16:15:00	16	MGLU3	buy	in	100	23.99	16	0.00	0.00	0.00	15 700.00	Compra a mercado
2021.01.14 13:45:00	17	MGLU3	sell	out	100	23.76	17	0.00	0.00	-2 300.00	13 400.00	Venda, posição zerada
2021.01.15 17:00:00	18	MGLU3	buy	in	100	23.93	18	0.00	0.00	0.00	13 400.00	Compra a mercado
2021.01.19 16:00:00	19	MGLU3	sell	out	100	23.92	19	0.00	0.00	- 100.00	13 300.00	Venda, posição zerada
2021.01.20 11:00:00	20	MGLU3	buy	in	100	24.89	20	0.00	0.00	0.00	13 300.00	Compra a mercado
2021.01.27 11:45:00	21	MGLU3	sell	out	100	25.61	21	0.00	0.00	7 200.00	20 500.00	Venda, posição zerada
2021.01.27 16:30:00	22	MGLU3	buy	in	100	26.08	22	0.00	0.00	0.00	20 500.00	Compra a mercado
2021.01.27 18:12:30	23	MGLU3	sell	out	100	25.79	23	0.00	0.00	-2 900.00	17 600.00	Venda, posição zerada
2021.01.28 15:45:00	24	MGLU3	buy	in	100	26.23	24	0.00	0.00	0.00	17 600.00	Compra a mercado
2021.01.29 11:45:00	25	MGLU3	sell	out	100	25.35	25	0.00	0.00	-8 800.00	8 800.00	Venda, posição zerada
2021.02.02 15:15:00	26	MGLU3	buy	in	100	25.45	26	0.00	0.00	0.00	8 800.00	Compra a mercado
2021.02.03 12:30:00	27	MGLU3	sell	out	100	25.05	27	0.00	0.00	-4 000.00	4 800.00	Venda, posição zerada
2021.02.03 15:00:00	28	MGLU3	buy	in	100	25.45	28	0.00	0.00	0.00	4 800.00	Compra a mercado
2021.02.04 15:45:00	29	MGLU3	sell	out	100	25.31	29	0.00	0.00	-1 400.00	3 400.00	Venda, posição zerada
2021.02.05 11:30:00	30	MGLU3	buy	in	100	25.82	30	0.00	0.00	0.00	3 400.00	Compra a mercado
2021.02.10 11:30:00	31	MGLU3	sell	out	100	25.77	31	0.00	0.00	- 500.00	2 900.00	Venda, posição zerada
2021.02.12 15:00:00	32	MGLU3	buy	in	100	25.79	32	0.00	0.00	0.00	2 900.00	Compra a mercado
2021.02.18 10:45:00	33	MGLU3	sell	out	100	25.34	33	0.00	0.00	-4 500.00	-1 600.00	Venda, posição zerada
2021.02.23 17:15:00	34	MGLU3	buy	in	100	24.83	34	0.00	0.00	0.00	-1 600.00	Compra a mercado
2021.02.24 13:15:00	35	MGLU3	sell	out	100	24.42	35	0.00	0.00	-4 100.00	-5 700.00	Venda, posição zerada
2021.02.24 14:45:00	36	MGLU3	buy	in	100	24.54	36	0.00	0.00	0.00	-5 700.00	Compra a mercado
2021.02.25 15:15:00	37	MGLU3	sell	out	100	24.05	37	0.00	0.00	-4 900.00	-10 600.00	Venda, posição zerada
2021.02.26 14:30:00	38	MGLU3	buy	in	100	24.71	38	0.00	0.00	0.00	-10 600.00	Compra a mercado
2021.02.26 17:54:59	39	MGLU3	sell	out	100	24.18	39	0.00	0.00	-5 300.00	-15 900.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 19. Negociações do ativo MGLU 3 de 12/2020 - 02/2021

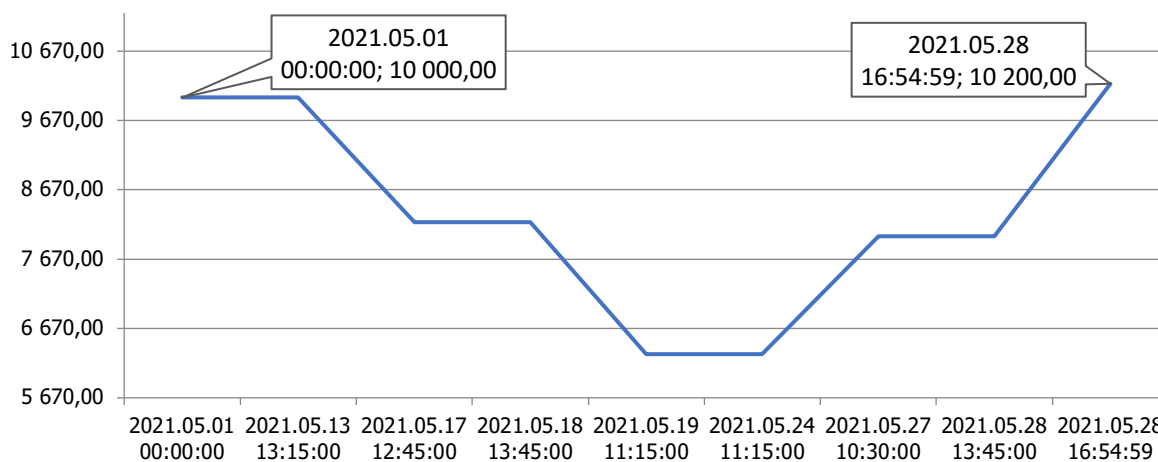


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tendo como investimento base o mesmo valor fictício de R\$10.000,00 (primeiro ponto da Figura 18) do primeiro teste, foi obtido um saldo de carteira de R\$-15.900,00 (último ponto da Figura 18). No histórico de negociações (Tabela 2) é possível observar que houve operações com lucro (ofertas 3, 5, 11, 15 e 21 da Tabela 2). A partir disso foi necessário examinar mais detalhadamente todos os sinais de compra e venda, donde concluiu-se que o ponto em que foram emitidos os sinais não estavam incorretos, pois o prejuízo foi causado pelo atraso do sinal em relação à ordem efetivamente de compra ou venda. Na Figura 19 observa-se um momento em que houve 2 cruzamentos que simbolizam uma operação por completo, onde poderia ter havido lucro, mas, por conta do atraso no momento em que foi realizada a ordem, já havia passado o valor desejado e assim realizou uma operação com prejuízo. É possível observar isso com clareza ao analisar a Figura 19, temos em destaque uma ordem de venda simbolizada pela seta vermelha para baixa e logo após ela, pode-se observar que de fato ocorreu uma queda no valor, entretanto o atraso na ordem de compra que pode ser observado como o segundo destaque na Figura 19, resultou em uma compra de um valor mais alto em relação a venda, assim resultando em prejuízo nessa operação. Com isso, é possível afirmar que a performance proveniente desse teste não alcançou os resultados esperados.

Por fim, foi realizado um teste no período mais recente disponível, de 01 de maio de 2021 até 30 de maio de 2021:

Figura 20. Performance da carteira - MGLU3 de maio 2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 3. Negociações - MGLU3 de maio 2021

Transações												
Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2021.05.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2021.05.13 13:15:00	2	MGLU3	buy	in	100	19.16	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Compra a mercado
2021.05.17 12:45:00	3	MGLU3	sell	out	100	18.98	3	0.00	0.00	-1 800.00	8 200.00	Venda, posição zerada
2021.05.18 13:45:00	4	MGLU3	buy	in	100	19.19	4	0.00	0.00	0.00	8 200.00	Compra a mercado
2021.05.19 11:15:00	5	MGLU3	sell	out	100	19.00	5	0.00	0.00	-1 900.00	6 300.00	Venda, posição zerada
2021.05.24 11:15:00	6	MGLU3	buy	in	100	19.44	6	0.00	0.00	0.00	6 300.00	Compra a mercado
2021.05.27 10:30:00	7	MGLU3	sell	out	100	19.61	7	0.00	0.00	1 700.00	8 000.00	Venda, posição zerada
2021.05.28 13:45:00	8	MGLU3	buy	in	100	20.03	8	0.00	0.00	0.00	8 000.00	Compra a mercado
2021.05.28 16:54:59	9	MGLU3	sell	out	100	20.25	9	0.00	0.00	2 200.00	10 200.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 21. - Negociações do ativo MGLU 3 de maio 2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Ao analisar o período mais recente determinado foi constatado o lucro de R\$200,00 (comparação do primeiro ponto com o último ponto da Figura 20) como resultado de 8 operações (oferta 1 é do tipo balanço, logo não configura como uma operação de compra ou venda), conforme apresentado na Tabela 3, tendo dentre elas resultados negativos, justificando a variação observada na Figura 20, que representa o saldo da carteira. Assim, o resultado geral foi uma performance positiva.

6.2 Testes com Taesa (TAEE11)

Para identificar o impacto que a volumetria de negociações tem no desempenho do robô, foi realizado testes com a empresa Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A. Negociada na bolsa de valores brasileira B3 com o *ticker* TAEE11 tem como sua principal atividade econômica a transmissão de energia elétrica, abaixo apresentam-se suas informações de mercado:

Quadro 7. Resumo de negociações TAEE11

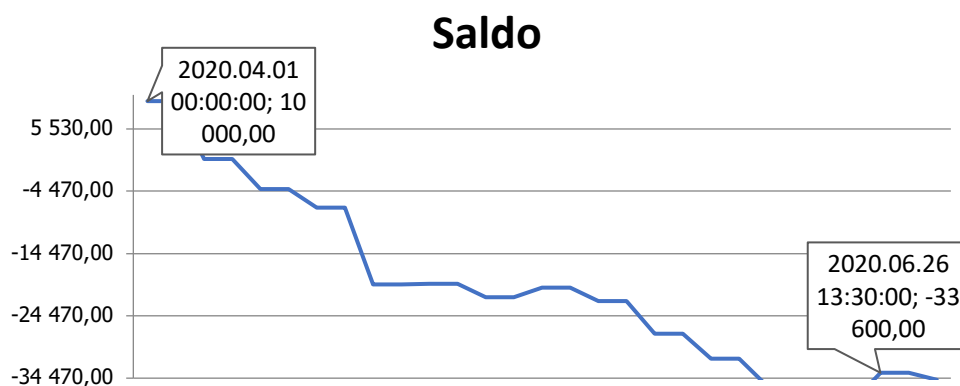
Mercado de Ações	Totais dos pregões Ref: Abr/2021		Totais dos pregões Ref: Mai/2020 - Abr/2021	
	Negociações	Volume (R\$)	Negociações	Volume (R\$)
Lote-Padrão	211.636	1.761.753.003,00	3.244.000	21.237.171.368,00
Exercício de Opções de Compra	606	58.319.600,00	1.885	218.019.197,00
Exercício de Opções de Venda	0	0,00	321	50.936.123,00
Mercado a Termo	177	10.539.611,88	1.842	64.091.846,68
Opções de Compra	3.346	9.325.586,00	22.023	39.203.682,00
Opções de Venda	1.029	1.368.259,00	9.948	14.081.217,00
Mercado Fracionário	131.003	48.393.795,38	1.476.619	437.882.671,49
Total Geral	347.797	1.889.699.855,26	4.756.638	22.061.386.105,17
Participação Empresa/Setor	6,84%	6,16%	7,76%	5,62%
Participação Setor/BOVESPA	6,97%	4,81%	6,48%	4,89%

Fonte: B3, 2020

No resumo de negociações, no período de maio de 2020 até abril de 2021, são apresentadas as informações como lote-padrão que representa a quantidade de negociações e volume de dinheiro negociado em lotes (pacote equivalente a cem ações), quantidade e volume negociado em compra e venda de opções (instrumento financeiro utilizado no mercado, onde o investidor pode escolher o valor de compra ou venda e a contraparte deve honrar o contrato ao término do contrato), quantidade e volume de negociações no mercado fracionário (pacote fracionado de um lote, ou seja, negociação de ações no intervalo de um (1) a noventa e nove (99) ações), quantidade e volume de ações negociadas a termo (instrumento financeiro utilizado no mercado, onde o “emprestado” ações de um outro investidor por um determinado período de tempo), quantidade e volume do total negociado na bolsa de valores referente a essa empresa, percentual de participação da empresa no setor de atividade econômica e o percentual que a empresa tem de participação na bolsa de valores como um todo. Podemos observar na linha “Total Geral” que ocorreu um volume de negociações menor que ocorrido com Magazine Luiza, representando uma participação no BOVESPA de aproximadamente 5,6% com quase 22 milhões de reais em volume de negociação (Linha total geral e participação Setor/BOVESPA do Quadro 7). Magazine Luiza, cujo volume de negociação no mesmo período foi de quase 240 milhões de reais, TAESA teve um volume de aproximadamente 22 milhões de reais, aproximadamente 9% do volume de negociação de Magazine Luiza, logo a empresa TAESA possui um volume de negociação bem menor em comparação com Magazine Luiza, conseqüentemente menor movimentação no preço da ação.

A primeira avaliação realizada para o robô para esta empresa utilizou o mesmo período observado com o Magazine Luiza (de 01 de abril de 2020 até 30 de abril de 2020) e verificou-se que os impactos na performance do robô, com uma ação menos volátil, devido ao menor volume de negociação, obteve-se um saldo de R\$-34.700,00, conforme pode ser identificado no último ponto na Figura 22, evidenciado com maiores detalhes na linha de oferta 29 da Tabela 4.

Figura 22. Performance da carteira - Taesa - 01/04/2020 até 30/06/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 4. Negociações - Taesa de 01/04/2020 até 30/06/2020

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.04.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.04.01 10:15:00	2	TAAE11	sell	in	100	21.00	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Venda a mercado
2020.04.02 11:45:00	3	TAAE11	buy	out	100	21.93	3	0.00	0.00	-9 300.00	700.00	Comprado, posição zerada
2020.04.08 11:30:00	4	TAAE11	sell	in	100	22.50	4	0.00	0.00	0.00	700.00	Venda a mercado
2020.04.14 10:45:00	5	TAAE11	buy	out	100	22.98	5	0.00	0.00	-4 800.00	-4 100.00	Comprado, posição zerada
2020.04.16 13:00:00	6	TAAE11	sell	in	100	22.65	6	0.00	0.00	0.00	-4 100.00	Venda a mercado
2020.04.22 11:30:00	7	TAAE11	buy	out	100	22.95	7	0.00	0.00	-3 000.00	-7 100.00	Comprado, posição zerada
2020.04.24 12:00:00	8	TAAE11	sell	in	100	22.27	8	0.00	0.00	0.00	-7 100.00	Venda a mercado
2020.04.27 11:45:00	9	TAAE11	buy	out	100	23.50	9	0.00	0.00	-12 300.00	-19 400.00	Comprado, posição zerada
2020.04.29 13:45:00	10	TAAE11	sell	in	100	23.07	10	0.00	0.00	0.00	-19 400.00	Venda a mercado
2020.05.05 12:45:00	11	TAAE11	buy	out	100	23.06	11	0.00	0.00	100.00	-19 300.00	Comprado, posição zerada
2020.05.06 12:30:00	12	TAAE11	sell	in	100	22.77	12	0.00	0.00	0.00	-19 300.00	Venda a mercado
2020.05.06 14:30:00	13	TAAE11	buy	out	100	22.99	13	0.00	0.00	-2 200.00	-21 500.00	Comprado, posição zerada
2020.05.07 12:15:00	14	TAAE11	sell	in	100	22.69	14	0.00	0.00	0.00	-21 500.00	Venda a mercado
2020.05.14 16:30:00	15	TAAE11	buy	out	100	22.53	15	0.00	0.00	1 600.00	-19 900.00	Comprado, posição zerada
2020.05.28 12:15:00	16	TAAE11	sell	in	100	24.57	16	0.00	0.00	0.00	-19 900.00	Venda a mercado
2020.05.28 16:15:00	17	TAAE11	buy	out	100	24.79	17	0.00	0.00	-2 200.00	-22 100.00	Comprado, posição zerada
2020.06.03 14:30:00	18	TAAE11	sell	in	100	24.82	18	0.00	0.00	0.00	-22 100.00	Venda a mercado
2020.06.05 12:30:00	19	TAAE11	buy	out	100	25.34	19	0.00	0.00	-5 200.00	-27 300.00	Comprado, posição zerada
2020.06.10 10:06:00	20	TAAE11	sell	in	100	25.03	20	0.00	0.00	0.00	-27 300.00	Venda a mercado
2020.06.10 11:00:00	21	TAAE11	buy	out	100	25.43	21	0.00	0.00	-4 000.00	-31 300.00	Comprado, posição zerada
2020.06.12 10:15:00	22	TAAE11	sell	in	100	24.57	22	0.00	0.00	0.00	-31 300.00	Venda a mercado
2020.06.16 13:45:00	23	TAAE11	buy	out	100	25.02	23	0.00	0.00	-4 500.00	-35 800.00	Comprado, posição zerada
2020.06.16 16:15:00	24	TAAE11	sell	in	100	24.74	24	0.00	0.00	0.00	-35 800.00	Venda a mercado
2020.06.17 11:45:00	25	TAAE11	buy	out	100	24.99	25	0.00	0.00	-2 500.00	-38 300.00	Comprado, posição zerada
2020.06.22 15:15:00	26	TAAE11	sell	in	100	25.08	26	0.00	0.00	0.00	-38 300.00	Venda a mercado
2020.06.26 13:30:00	27	TAAE11	buy	out	100	24.61	27	0.00	0.00	4 700.00	-33 600.00	Comprado, posição zerada
2020.06.26 16:15:00	28	TAAE11	sell	in	100	24.50	28	0.00	0.00	0.00	-33 600.00	Venda a mercado
2020.06.29 13:00:00	29	TAAE11	buy	out	100	24.61	29	0.00	0.00	-1 100.00	-34 700.00	Comprado, posição zerada

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

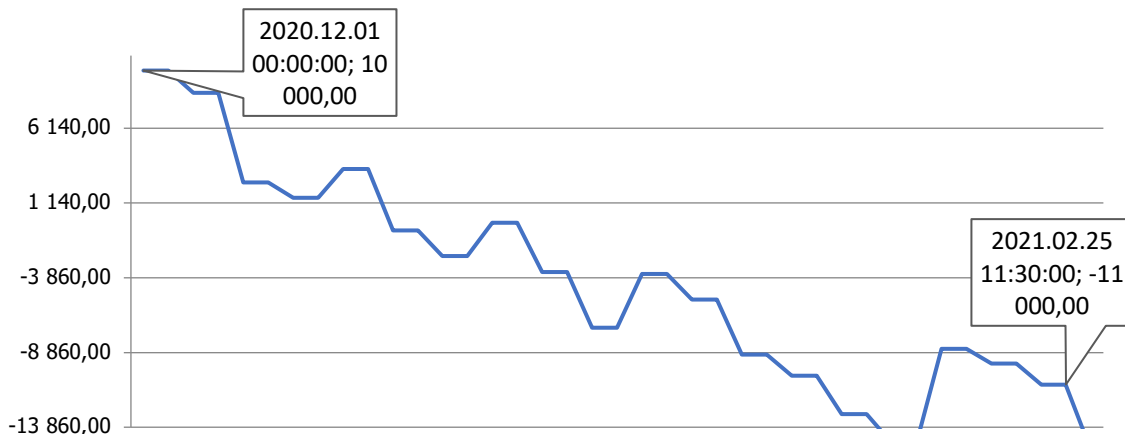
Figura 23. Negociações do ativo Taesa de 01/04/2020 até 30/06/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

No caso de uma ação com menos volatilidade, foi observado na Figura 23 que as curvas das médias móveis estão sempre mais próximas entre elas e acompanham de forma mais fiel os movimentos da ação. Dessa forma nota-se que houve um maior número de operações com variações menores conforme comprovado pelo histórico de negociações da Tabela 4. Novamente, por conta da questão do atraso da leitura e emissão de sinal de compra ou venda, ocorreram várias operações onde inicialmente havia um potencial de lucro, mas que resultou em perda. Com isso, sua performance no período teve um resultado abaixo do esperado. Os resultados da janela de recuperação, para o período de dezembro 2020 até fevereiro de 2021, encontram-se na Figura 24.

Figura 24. Gráfico da Performance da carteira - Taesa - 12/2020 até 02/2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 5. Negociações - Taesa de 12/2020 até 02/2021

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.12.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.12.01 13:00:00	2	TAE11	buy	in	100	30.69	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Compra a mercado
2020.12.02 10:11:00	3	TAE11	sell	out	100	30.54	3	0.00	0.00	-1 500.00	8 500.00	Venda, posição zerada
2020.12.03 13:15:00	4	TAE11	buy	in	100	31.03	4	0.00	0.00	0.00	8 500.00	Compra a mercado
2020.12.04 14:30:00	5	TAE11	sell	out	100	30.43	5	0.00	0.00	-6 000.00	2 500.00	Venda, posição zerada
2020.12.07 13:15:00	6	TAE11	buy	in	100	30.82	6	0.00	0.00	0.00	2 500.00	Compra a mercado
2020.12.09 15:30:00	7	TAE11	sell	out	100	30.72	7	0.00	0.00	-1 000.00	1 500.00	Venda, posição zerada
2020.12.11 12:15:00	8	TAE11	buy	in	100	30.93	8	0.00	0.00	0.00	1 500.00	Compra a mercado
2020.12.15 12:45:00	9	TAE11	sell	out	100	31.12	9	0.00	0.00	1 900.00	3 400.00	Venda, posição zerada
2020.12.17 11:30:00	10	TAE11	buy	in	100	31.42	10	0.00	0.00	0.00	3 400.00	Compra a mercado
2020.12.17 16:45:00	11	TAE11	sell	out	100	31.01	11	0.00	0.00	-4 100.00	- 700.00	Venda, posição zerada
2020.12.18 10:15:00	12	TAE11	buy	in	100	31.24	12	0.00	0.00	0.00	- 700.00	Compra a mercado
2020.12.18 13:15:00	13	TAE11	sell	out	100	31.07	13	0.00	0.00	-1 700.00	-2 400.00	Venda, posição zerada
2020.12.23 13:30:00	14	TAE11	buy	in	100	30.72	14	0.00	0.00	0.00	-2 400.00	Compra a mercado
2020.12.30 14:00:00	15	TAE11	sell	out	100	30.94	15	0.00	0.00	2 200.00	- 200.00	Venda, posição zerada
2021.01.06 15:45:00	16	TAE11	buy	in	100	30.76	16	0.00	0.00	0.00	- 200.00	Compra a mercado
2021.01.07 10:45:01	17	TAE11	sell	out	100	30.43	17	0.00	0.00	-3 300.00	-3 500.00	Venda, posição zerada
2021.01.08 15:15:00	18	TAE11	buy	in	100	30.55	18	0.00	0.00	0.00	-3 500.00	Compra a mercado
2021.01.11 17:15:00	19	TAE11	sell	out	100	30.18	19	0.00	0.00	-3 700.00	-7 200.00	Venda, posição zerada
2021.01.12 12:15:00	20	TAE11	buy	in	100	30.79	20	0.00	0.00	0.00	-7 200.00	Compra a mercado
2021.01.15 12:30:00	21	TAE11	sell	out	100	31.15	21	0.00	0.00	3 600.00	-3 600.00	Venda, posição zerada
2021.01.15 13:45:00	22	TAE11	buy	in	100	31.43	22	0.00	0.00	0.00	-3 600.00	Compra a mercado
2021.01.18 15:15:00	23	TAE11	sell	out	100	31.26	23	0.00	0.00	-1 700.00	-5 300.00	Venda, posição zerada
2021.01.19 17:30:00	24	TAE11	buy	in	100	31.40	24	0.00	0.00	0.00	-5 300.00	Compra a mercado
2021.01.20 12:30:00	25	TAE11	sell	out	100	31.03	25	0.00	0.00	-3 700.00	-9 000.00	Venda, posição zerada
2021.01.27 16:45:00	26	TAE11	buy	in	100	30.03	26	0.00	0.00	0.00	-9 000.00	Compra a mercado
2021.01.27 17:30:00	27	TAE11	sell	out	100	29.89	27	0.00	0.00	-1 400.00	-10 400.00	Venda, posição zerada
2021.01.28 11:45:00	28	TAE11	buy	in	100	30.28	28	0.00	0.00	0.00	-10 400.00	Compra a mercado
2021.01.29 15:15:00	29	TAE11	sell	out	100	30.02	29	0.00	0.00	-2 600.00	-13 000.00	Venda, posição zerada
2021.01.29 16:15:00	30	TAE11	buy	in	100	30.27	30	0.00	0.00	0.00	-13 000.00	Compra a mercado
2021.02.01 11:00:00	31	TAE11	sell	out	100	30.08	31	0.00	0.00	-1 900.00	-14 900.00	Venda, posição zerada
2021.02.01 14:45:00	32	TAE11	buy	in	100	30.16	32	0.00	0.00	0.00	-14 900.00	Compra a mercado
2021.02.04 13:30:00	33	TAE11	sell	out	100	30.79	33	0.00	0.00	6 300.00	-8 600.00	Venda, posição zerada
2021.02.11 13:30:00	34	TAE11	buy	in	100	30.46	34	0.00	0.00	0.00	-8 600.00	Compra a mercado
2021.02.11 14:00:01	35	TAE11	sell	out	100	30.36	35	0.00	0.00	-1 000.00	-9 600.00	Venda, posição zerada
2021.02.24 15:15:00	36	TAE11	buy	in	100	29.30	36	0.00	0.00	0.00	-9 600.00	Compra a mercado
2021.02.25 10:45:00	37	TAE11	sell	out	100	29.16	37	0.00	0.00	-1 400.00	-11 000.00	Venda, posição zerada
2021.02.25 11:30:00	38	TAE11	buy	in	100	29.41	38	0.00	0.00	0.00	-11 000.00	Compra a mercado
2021.02.25 14:00:00	39	TAE11	sell	out	100	28.97	39	0.00	0.00	-4 400.00	-15 400.00	Venda, posição zerada

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 25. Negociações do ativo Taesa de 12/2020 até 02/2021

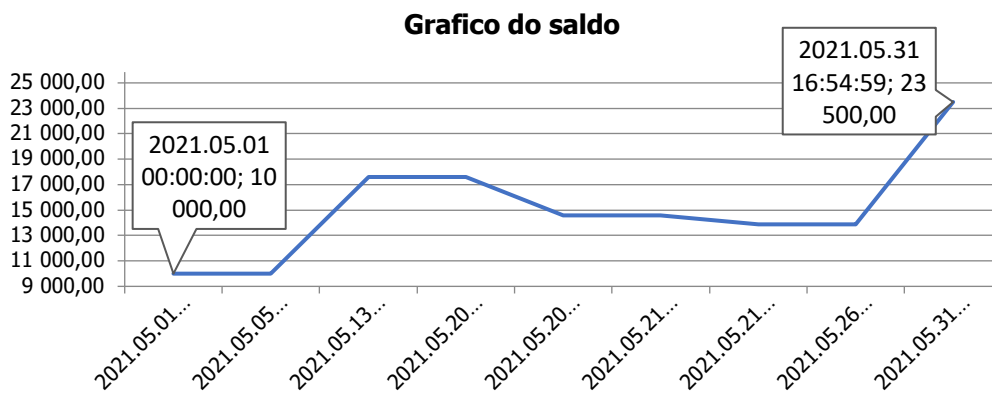


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

No segundo teste, os resultados com Taesa novamente não foram auspiciosos, se assemelhando ao ocorrido no teste do Magazine, porque novamente foi observado na Figura 25, nos pontos destacados houve atraso do sinal em relação aos

pontos de cruzamento das curvas. Neste período, sem tendências bem definidas, a carteira finalizou o teste com saldo de R\$-15.400,00, conforme verificado no último ponto da Figura 24. Para finalizar as análises foi realizado o teste do último mês disponível para comparar com os anteriores.

Figura 26. Performance da carteira - Taesa - 05/2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 6. Negociações - Taesa de 05/2021

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2021.05.01 00:00:00	1			balance				0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2021.05.05 10:30:00	2	TAAE11	sell	in	100	37.57	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	nda a mercado
2021.05.13 16:00:00	3	TAAE11	buy	out	100	36.81	3	0.00	0.00	7 600.00	17 600.00	posição zerada
2021.05.20 10:30:00	4	TAAE11	sell	in	100	39.09	4	0.00	0.00	0.00	17 600.00	nda a mercado
2021.05.20 15:00:00	5	TAAE11	buy	out	100	39.39	5	0.00	0.00	-3 000.00	14 600.00	posição zerada
2021.05.21 12:45:00	6	TAAE11	sell	in	100	39.33	6	0.00	0.00	0.00	14 600.00	nda a mercado
2021.05.21 13:45:00	7	TAAE11	buy	out	100	39.40	7	0.00	0.00	- 700.00	13 900.00	posição zerada
2021.05.26 13:15:00	8	TAAE11	sell	in	100	39.65	8	0.00	0.00	0.00	13 900.00	nda a mercado
2021.05.31 16:54:59	9	TAAE11	buy	out	100	38.69	9	0.00	0.00	9 600.00	23 500.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 27. Negociações do ativo Taesa de 05/2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

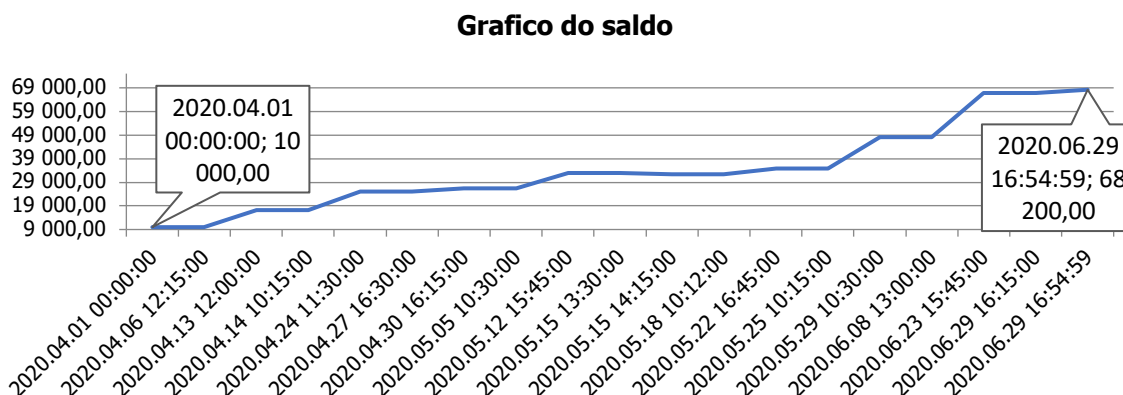
Durante o mês de maio de 2021 houve maiores oscilações no valor de Taesa, conforme pode ser observado na Figura 27, onde houve grandes variações, comprovando assim que o robô possui uma performance melhor nos períodos em que os gráficos gerados pelos preços das ações apresentam maiores oscilações de preços. Foram realizadas no total 8 operações (oferta 1 foi uma operação de balance, não é classificado como operação), conforme demonstrado no histórico de negociações do Quadro 6, trazendo um saldo da carteira de R\$23.500,00 (último ponto da Figura 26), ou seja, R\$13.500,00 de lucro (comparação entre as ofertas 1 e 9 da Tabela 6). Entretanto, conforme observado a nos outros testes nem todas as operações resultaram em lucro (ofertas 5 e 7 da Tabela 6), tendo assim uma *performance* positiva.

6.3 Testes com Magazine Luiza (MGLU3) assistido por inteligência artificial

Com o objetivo de melhorar a performance do robô desenvolvido foi adicionado um algoritmo genético junto ao código para auxiliar nos resultados, tendo como expectativa a diminuição do risco por meio da inteligência artificial. A mitigação dos riscos pode ser constatada com a diminuição do número de operações realizadas e a maior precisão em operações que tragam lucro para a carteira. Para verificar o impacto da assistência da inteligência artificial, realizaram-se testes nos mesmos períodos que os realizados anteriormente.

De início foi analisado o período de crise do Corona Vírus, de abril de 2020 até junho de 2020.

Figura 28. Performance da carteira assistida por IA -Mglu - 04/2020 até 06/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 7. Negociações com IA - Mglu de 04/2020 até 06/2020

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.04.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.04.06 12:15:00	2	MGLU3	buy	in	100	9.61	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Compra a mercado
2020.04.13 12:00:00	3	MGLU3	sell	out	100	10.32	3	0.00	0.00	7 100.00	17 100.00	Venda, posição zerada
2020.04.14 10:15:00	4	MGLU3	buy	in	100	10.74	4	0.00	0.00	0.00	17 100.00	Compra a mercado
2020.04.24 11:30:00	5	MGLU3	sell	out	100	11.53	5	0.00	0.00	7 900.00	25 000.00	Venda, posição zerada
2020.04.27 16:30:00	6	MGLU3	buy	in	100	12.36	6	0.00	0.00	0.00	25 000.00	Compra a mercado
2020.04.30 16:15:00	7	MGLU3	sell	out	100	12.50	7	0.00	0.00	1 400.00	26 400.00	Venda, posição zerada
2020.05.05 10:30:00	8	MGLU3	buy	in	100	13.09	8	0.00	0.00	0.00	26 400.00	Compra a mercado
2020.05.12 15:45:00	9	MGLU3	sell	out	100	13.75	9	0.00	0.00	6 600.00	33 000.00	Venda, posição zerada
2020.05.15 13:30:00	10	MGLU3	buy	in	100	13.72	10	0.00	0.00	0.00	33 000.00	Compra a mercado
2020.05.15 14:15:00	11	MGLU3	sell	out	100	13.67	11	0.00	0.00	- 500.00	32 500.00	Venda, posição zerada
2020.05.18 10:12:00	12	MGLU3	buy	in	100	14.10	12	0.00	0.00	0.00	32 500.00	Compra a mercado
2020.05.22 16:45:00	13	MGLU3	sell	out	100	14.32	13	0.00	0.00	2 200.00	34 700.00	Venda, posição zerada
2020.05.25 10:15:00	14	MGLU3	buy	in	100	14.77	14	0.00	0.00	0.00	34 700.00	Compra a mercado
2020.05.29 10:30:00	15	MGLU3	sell	out	100	16.11	15	0.00	0.00	13 400.00	48 100.00	Venda, posição zerada
2020.06.08 13:00:00	16	MGLU3	buy	in	100	15.77	16	0.00	0.00	0.00	48 100.00	Compra a mercado
2020.06.23 15:45:00	17	MGLU3	sell	out	100	17.65	17	0.00	0.00	18 800.00	66 900.00	Venda, posição zerada
2020.06.29 16:15:00	18	MGLU3	buy	in	100	17.44	18	0.00	0.00	0.00	66 900.00	Compra a mercado
2020.06.29 16:54:59	19	MGLU3	sell	out	100	17.57	19	0.00	0.00	1 300.00	68 200.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 29. Negociações do ativo Mglu com IA de 04/2020 até 06/2020



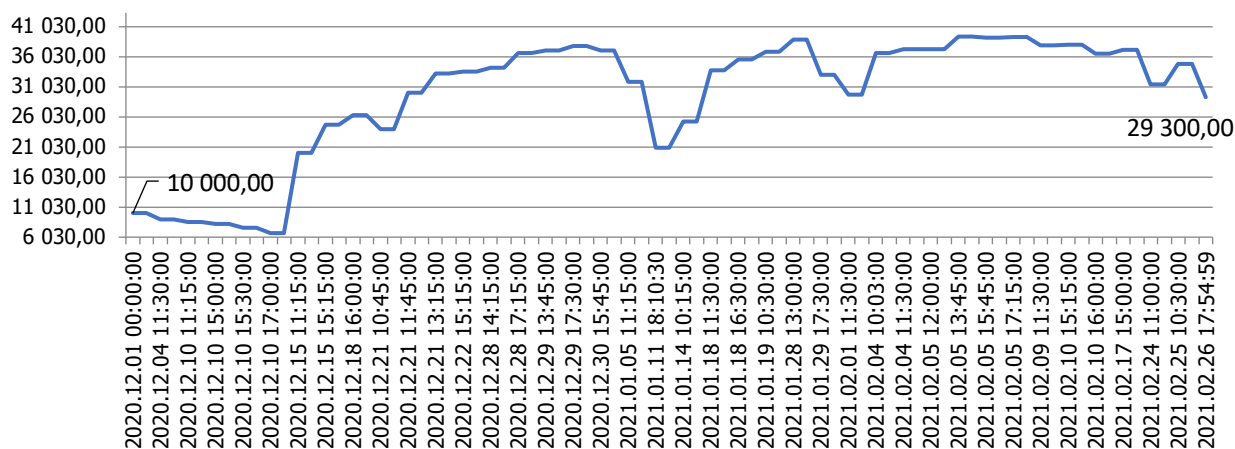
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

No primeiro teste com o robô assistido pelo algoritmo genético, foi verificado um saldo de R\$68.200,00 (último ponto da Figura 28), sendo R\$800,00 maior do que o teste realizado sem a inteligência artificial (último ponto Figura 16 → R\$67.500,00). Na Figura 29, também, pode-se notar que a curva da performance da carteira apresenta um comportamento diferente do observado na Figura 15, onde o movimento da curva tem pontos de retração da evolução da curva (ponto de 15 de maio de 2020) e isso não é observado na Figura 29. Há uma tendência mais clara de crescimento do patrimônio sem que haja retrocesso na evolução devido aos ajustes de cálculos e adaptação convergindo

para melhor solução implementado pelo algoritmo genético. O histórico de negociações pode ser observado com detalhes na Tabela 7, onde, das 18 operações (oferta 1 é do tipo balanço, não classificado como operação), apenas uma teve prejuízo (oferta 11), demonstrando assim a performance positiva com a integração do algoritmo genético.

Outro ponto de destaque é a diminuição do risco apresentado, 18 operações com a integração do algoritmo genético e 20 operações sem a integração do algoritmo genético. A menor quantidade de operações realizadas pelo robô evidencia menor exposição a riscos. Para efeito de comparação, foi testada sua performance em um período de recuperação parcial, de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, quando o índice Ibovespa voltou a crescer com o patamar que se encontrava antes da crise.

Figura 30. Performance da carteira assistida por IA -Mglu - 12/2020 até 02/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 8. Negociações com IA - Mglu de 12/2020 até 02/2021

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.12.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.12.01 10:30:00	2	MGLU3	buy	in	100	23.49	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Compra a mercado
2020.12.04 11:30:00	3	MGLU3	sell	out	100	23.39	3	0.00	0.00	-1 000.00	9 000.00	Venda, posição zerada
2020.12.10 10:45:00	4	MGLU3	buy	in	100	23.31	4	0.00	0.00	0.00	9 000.00	Compra a mercado
2020.12.10 11:15:00	5	MGLU3	sell	out	100	23.27	5	0.00	0.00	-400.00	8 600.00	Venda, posição zerada
2020.12.10 14:30:00	6	MGLU3	buy	in	100	23.54	6	0.00	0.00	0.00	8 600.00	Compra a mercado
2020.12.10 15:00:00	7	MGLU3	sell	out	100	23.50	7	0.00	0.00	-400.00	8 200.00	Venda, posição zerada
2020.12.10 15:15:00	8	MGLU3	buy	in	100	23.48	8	0.00	0.00	0.00	8 200.00	Compra a mercado
2020.12.10 15:30:00	9	MGLU3	sell	out	100	23.42	9	0.00	0.00	-600.00	7 600.00	Venda, posição zerada
2020.12.10 16:30:00	10	MGLU3	buy	in	100	23.33	10	0.00	0.00	0.00	7 600.00	Compra a mercado
2020.12.10 17:00:00	11	MGLU3	sell	out	100	23.24	11	0.00	0.00	-900.00	6 700.00	Venda, posição zerada
2020.12.11 10:45:00	12	MGLU3	buy	in	100	22.86	12	0.00	0.00	0.00	6 700.00	Compra a mercado
2020.12.15 11:15:00	13	MGLU3	sell	out	100	24.20	13	0.00	0.00	13 400.00	20 100.00	Venda, posição zerada
2020.12.15 12:00:00	14	MGLU3	buy	in	100	24.19	14	0.00	0.00	0.00	20 100.00	Compra a mercado
2020.12.15 15:15:00	15	MGLU3	sell	out	100	24.65	15	0.00	0.00	4 600.00	24 700.00	Venda, posição zerada
2020.12.18 14:30:00	16	MGLU3	buy	in	100	24.26	16	0.00	0.00	0.00	24 700.00	Compra a mercado
2020.12.18 16:00:00	17	MGLU3	sell	out	100	24.42	17	0.00	0.00	1 600.00	26 300.00	Venda, posição zerada
2020.12.18 17:45:00	18	MGLU3	buy	in	100	24.35	18	0.00	0.00	0.00	26 300.00	Compra a mercado
2020.12.21 10:45:00	19	MGLU3	sell	out	100	24.12	19	0.00	0.00	-2 300.00	24 000.00	Venda, posição zerada
2020.12.21 11:00:00	20	MGLU3	buy	in	100	24.19	20	0.00	0.00	0.00	24 000.00	Compra a mercado
2020.12.21 11:45:00	21	MGLU3	sell	out	100	24.80	21	0.00	0.00	6 100.00	30 100.00	Venda, posição zerada
2020.12.21 12:30:00	22	MGLU3	buy	in	100	24.57	22	0.00	0.00	0.00	30 100.00	Compra a mercado
2020.12.21 13:15:00	23	MGLU3	sell	out	100	24.88	23	0.00	0.00	3 100.00	33 200.00	Venda, posição zerada
2020.12.21 15:30:00	24	MGLU3	buy	in	100	25.20	24	0.00	0.00	0.00	33 200.00	Compra a mercado
2020.12.22 15:15:00	25	MGLU3	sell	out	100	25.24	25	0.00	0.00	400.00	33 600.00	Venda, posição zerada
2020.12.28 13:45:00	26	MGLU3	buy	in	100	24.86	26	0.00	0.00	0.00	33 600.00	Compra a mercado
2020.12.28 14:15:00	27	MGLU3	sell	out	100	24.92	27	0.00	0.00	600.00	34 200.00	Venda, posição zerada
2020.12.28 15:15:00	28	MGLU3	buy	in	100	24.97	28	0.00	0.00	0.00	34 200.00	Compra a mercado
2020.12.28 17:15:00	29	MGLU3	sell	out	100	25.22	29	0.00	0.00	2 500.00	36 700.00	Venda, posição zerada
2020.12.29 12:30:00	30	MGLU3	buy	in	100	25.18	30	0.00	0.00	0.00	36 700.00	Compra a mercado
2020.12.29 13:45:00	31	MGLU3	sell	out	100	25.22	31	0.00	0.00	400.00	37 100.00	Venda, posição zerada
2020.12.29 14:00:00	32	MGLU3	buy	in	100	25.22	32	0.00	0.00	0.00	37 100.00	Compra a mercado
2020.12.29 17:30:00	33	MGLU3	sell	out	100	25.29	33	0.00	0.00	700.00	37 800.00	Venda, posição zerada
2020.12.30 10:10:00	34	MGLU3	buy	in	100	25.38	34	0.00	0.00	0.00	37 800.00	Compra a mercado
2020.12.30 15:45:00	35	MGLU3	sell	out	100	25.31	35	0.00	0.00	-700.00	37 100.00	Venda, posição zerada
2021.01.05 10:09:00	36	MGLU3	buy	in	100	25.11	36	0.00	0.00	0.00	37 100.00	Compra a mercado
2021.01.05 11:15:00	37	MGLU3	sell	out	100	24.59	37	0.00	0.00	-5 200.00	31 900.00	Venda, posição zerada
2021.01.05 12:30:00	38	MGLU3	buy	in	100	24.59	38	0.00	0.00	0.00	31 900.00	Compra a mercado
2021.01.11 18:10:30	39	MGLU3	sell	out	100	23.49	39	0.00	0.00	-11 000.00	20 900.00	Venda, posição zerada
2021.01.13 14:00:00	40	MGLU3	buy	in	100	23.67	40	0.00	0.00	0.00	20 900.00	Compra a mercado
2021.01.14 10:15:00	41	MGLU3	sell	out	100	24.11	41	0.00	0.00	4 400.00	25 300.00	Venda, posição zerada
2021.01.15 14:00:00	42	MGLU3	buy	in	100	23.67	42	0.00	0.00	0.00	25 300.00	Compra a mercado
2021.01.18 11:30:00	43	MGLU3	sell	out	100	24.52	43	0.00	0.00	8 500.00	33 800.00	Venda, posição zerada
2021.01.18 16:00:00	44	MGLU3	buy	in	100	24.34	44	0.00	0.00	0.00	33 800.00	Compra a mercado
2021.01.18 16:30:00	45	MGLU3	sell	out	100	24.52	45	0.00	0.00	1 800.00	35 600.00	Venda, posição zerada
2021.01.18 16:45:00	46	MGLU3	buy	in	100	24.53	46	0.00	0.00	0.00	35 600.00	Compra a mercado
2021.01.19 10:30:00	47	MGLU3	sell	out	100	24.66	47	0.00	0.00	1 300.00	36 900.00	Venda, posição zerada
2021.01.28 12:45:00	48	MGLU3	buy	in	100	25.82	48	0.00	0.00	0.00	36 900.00	Compra a mercado
2021.01.28 13:00:00	49	MGLU3	sell	out	100	26.02	49	0.00	0.00	2 000.00	38 900.00	Venda, posição zerada
2021.01.29 10:15:00	50	MGLU3	buy	in	100	25.98	50	0.00	0.00	0.00	38 900.00	Compra a mercado
2021.01.29 17:30:00	51	MGLU3	sell	out	100	25.39	51	0.00	0.00	-5 900.00	33 000.00	Venda, posição zerada
2021.02.01 10:11:00	52	MGLU3	buy	in	100	25.69	52	0.00	0.00	0.00	33 000.00	Compra a mercado
2021.02.01 11:30:00	53	MGLU3	sell	out	100	25.36	53	0.00	0.00	-3 300.00	29 700.00	Venda, posição zerada
2021.02.01 14:15:00	54	MGLU3	buy	in	100	24.94	54	0.00	0.00	0.00	29 700.00	Compra a mercado
2021.02.04 10:03:00	55	MGLU3	sell	out	100	25.64	55	0.00	0.00	7 000.00	36 700.00	Venda, posição zerada
2021.02.04 10:15:00	56	MGLU3	buy	in	100	25.76	56	0.00	0.00	0.00	36 700.00	Compra a mercado
2021.02.04 11:30:00	57	MGLU3	sell	out	100	25.82	57	0.00	0.00	600.00	37 300.00	Venda, posição zerada
2021.02.05 10:30:00	58	MGLU3	buy	in	100	25.68	58	0.00	0.00	0.00	37 300.00	Compra a mercado
2021.02.05 12:00:00	59	MGLU3	sell	out	100	25.68	59	0.00	0.00	0.00	37 300.00	Venda, posição zerada
2021.02.05 13:15:00	60	MGLU3	buy	in	100	25.55	60	0.00	0.00	0.00	37 300.00	Compra a mercado
2021.02.05 13:45:00	61	MGLU3	sell	out	100	25.76	61	0.00	0.00	2 100.00	39 400.00	Venda, posição zerada
2021.02.05 15:30:00	62	MGLU3	buy	in	100	26.00	62	0.00	0.00	0.00	39 400.00	Compra a mercado
2021.02.05 15:45:00	63	MGLU3	sell	out	100	25.98	63	0.00	0.00	-200.00	39 200.00	Venda, posição zerada
2021.02.05 17:00:00	64	MGLU3	buy	in	100	25.78	64	0.00	0.00	0.00	39 200.00	Compra a mercado
2021.02.05 17:15:00	65	MGLU3	sell	out	100	25.79	65	0.00	0.00	100.00	39 300.00	Venda, posição zerada
2021.02.09 10:15:00	66	MGLU3	buy	in	100	26.14	66	0.00	0.00	0.00	39 300.00	Compra a mercado
2021.02.09 11:30:00	67	MGLU3	sell	out	100	26.00	67	0.00	0.00	-1 400.00	37 900.00	Venda, posição zerada
2021.02.10 14:30:00	68	MGLU3	buy	in	100	25.40	68	0.00	0.00	0.00	37 900.00	Compra a mercado
2021.02.10 15:15:00	69	MGLU3	sell	out	100	25.41	69	0.00	0.00	100.00	38 000.00	Venda, posição zerada
2021.02.10 15:45:00	70	MGLU3	buy	in	100	25.37	70	0.00	0.00	0.00	38 000.00	Compra a mercado
2021.02.10 16:00:00	71	MGLU3	sell	out	100	25.23	71	0.00	0.00	-1 400.00	36 600.00	Venda, posição zerada
2021.02.11 12:45:00	72	MGLU3	buy	in	100	25.77	72	0.00	0.00	0.00	36 600.00	Compra a mercado
2021.02.17 15:00:00	73	MGLU3	sell	out	100	25.83	73	0.00	0.00	600.00	37 200.00	Venda, posição zerada
2021.02.18 14:30:00	74	MGLU3	buy	in	100	25.00	74	0.00	0.00	0.00	37 200.00	Compra a mercado
2021.02.24 11:00:00	75	MGLU3	sell	out	100	24.42	75	0.00	0.00	-5 800.00	31 400.00	Venda, posição zerada
2021.02.24 12:15:00	76	MGLU3	buy	in	100	24.36	76	0.00	0.00	0.00	31 400.00	Compra a mercado
2021.02.25 10:30:00	77	MGLU3	sell	out	100	24.71	77	0.00	0.00	3 500.00	34 900.00	Venda, posição zerada
2021.02.26 15:15:00	78	MGLU3	buy	in	100	24.74	78	0.00	0.00	0.00	34 900.00	Compra a mercado
2021.02.26 17:54:59	79	MGLU3	sell	out	100	24.18	79	0.00	0.00	-5 600.00	29 300.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 31. Negociações do ativo Mglu com IA de 12/2020 até 02/2021

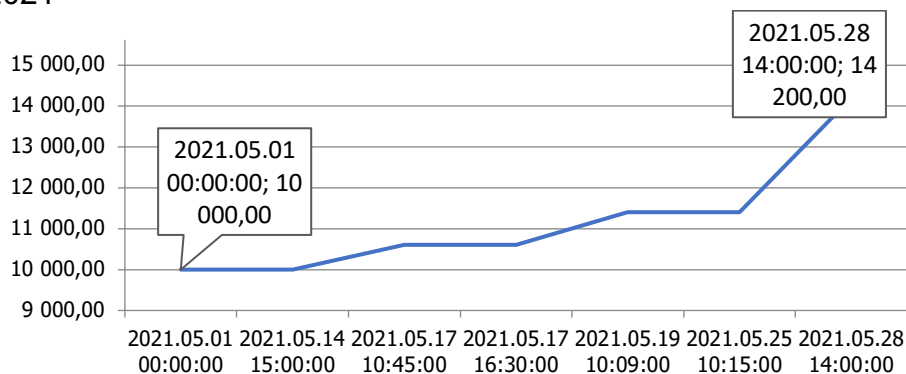


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Neste teste o algoritmo genético realizou um ajuste no parâmetro de uma das médias móveis, tornando-as mais próximas e consequentemente menos voláteis as mudanças de curto prazo. Entretanto, como estas estão muito próximas ocorrem mais cruzamentos e por conseguinte um alto número de sinais de operações, nesse caso totalizou 78 operações (oferta 1 é do tipo balance, não configura uma operação) que podem ser identificadas na Tabela 8, agregando um alto risco para o cenário. Diferentemente do observado no caso de uma crise, no qual o cenário é mais definido, é notório (Figura 31) um padrão sem definição no saldo carteira, ou seja, diversas operações com lucros e prejuízos. Apesar disso, o resultado foi positivo, tendo um saldo final de R\$29.300,00 (oferta 79 da Tabela 8). Com isso, devido a correção do algoritmo genético, transformou-se o prejuízo do teste passado (-R\$15.900,00) em um lucro de aproximadamente R\$19.000,00 (comparação da oferta 1 e da oferta 79 da Tabela 8).

Por fim, foi realizado um teste no período mais recente disponível, de 01 de maio de 2021 até 30 de maio de 2021 para comparar com o resultado anterior.

Figura 32. Gráfico da Performance da carteira assistida por IA -Mglu de maio 2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 9. Negociações com IA - Mglu de Maio 2021

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2021.05.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2021.05.14 15:00:00	2	MGLU3	sell	in	100	19.13	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	nda a mercado
2021.05.17 10:45:00	3	MGLU3	buy	out	100	19.07	3	0.00	0.00	600.00	10 600.00	posição zerada
2021.05.17 16:30:00	4	MGLU3	sell	in	100	18.85	4	0.00	0.00	0.00	10 600.00	nda a mercado
2021.05.19 10:09:00	5	MGLU3	buy	out	100	18.77	5	0.00	0.00	800.00	11 400.00	posição zerada
2021.05.25 10:15:00	6	MGLU3	sell	in	100	20.29	6	0.00	0.00	0.00	11 400.00	nda a mercado
2021.05.28 14:00:00	7	MGLU3	buy	out	100	20.01	7	0.00	0.00	2 800.00	14 200.00	posição zerada

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 33. Negociações do ativo Mglu com IA de Maio 2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

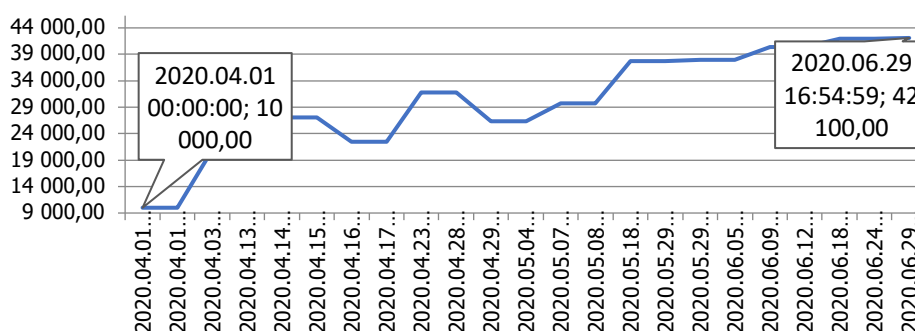
Ao analisar os resultados é possível afirmar que novamente o algoritmo trouxe as médias bem próximas, tendo um resultado positivo. O saldo da carteira ao final do período foi de R\$14.200,00 (último ponto da Figura 32), resultando em um lucro de R\$4.200,00 (comparação da oferta 1 com a oferta 7 da Tabela 9), 4 mil reais a mais do

que o teste sem o algoritmo para auxiliar. Vale destacar que além do saldo da carteira ser maior, também foi obtido com um menor volume de operações, já que antes foram necessárias 8 operações e passou para 6, provando que o algoritmo trouxe uma redução de riscos e uma otimização no resultado esperado.

6.4 Testes com Taesa (TAEE11) assistido por inteligência artificial

Seguindo na mesma linha de testes que realizada anteriormente, deu-se início aos testes com Taesa, aplicando o algoritmo genético para verificar a influência que este teria na performance do robô. Da mesma forma que verificado com a ação da Magazine Luiza, o resultado obtido seja mais efetivo em comparação com o resultado sem a IA em conjunto ao algoritmo desenvolvido.

Figura 34. Performance da carteira assistida por IA -Taesa – de 04 a 06/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 10. Negociações com IA - Taesa de 04/2020 até 06/2020

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.04.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.04.01 10:30:00	2	TAEE11	buy	in	100	21.03	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Compra a mercado
2020.04.03 12:00:00	3	TAEE11	sell	out	100	22.13	3	0.00	0.00	11 000.00	21 000.00	Venda, posição zerada
2020.04.13 13:15:00	4	TAEE11	buy	in	100	22.36	4	0.00	0.00	0.00	21 000.00	Compra a mercado
2020.04.14 15:45:00	5	TAEE11	sell	out	100	22.97	5	0.00	0.00	6 100.00	27 100.00	Venda, posição zerada
2020.04.15 15:00:00	6	TAEE11	buy	in	100	23.01	6	0.00	0.00	0.00	27 100.00	Compra a mercado
2020.04.16 12:00:00	7	TAEE11	sell	out	100	22.55	7	0.00	0.00	-4 600.00	22 500.00	Venda, posição zerada
2020.04.17 16:30:01	8	TAEE11	buy	in	100	22.42	8	0.00	0.00	0.00	22 500.00	Compra a mercado
2020.04.23 10:45:00	9	TAEE11	sell	out	100	23.35	9	0.00	0.00	9 300.00	31 800.00	Venda, posição zerada
2020.04.28 11:45:00	10	TAEE11	buy	in	100	23.78	10	0.00	0.00	0.00	31 800.00	Compra a mercado
2020.04.29 14:15:00	11	TAEE11	sell	out	100	23.24	11	0.00	0.00	-5 400.00	26 400.00	Venda, posição zerada
2020.05.04 11:00:00	12	TAEE11	buy	in	100	22.58	12	0.00	0.00	0.00	26 400.00	Compra a mercado
2020.05.07 15:15:00	13	TAEE11	sell	out	100	22.91	13	0.00	0.00	3 300.00	29 700.00	Venda, posição zerada
2020.05.08 15:45:00	14	TAEE11	buy	in	100	22.64	14	0.00	0.00	0.00	29 700.00	Compra a mercado
2020.05.18 12:15:00	15	TAEE11	sell	out	100	23.44	15	0.00	0.00	8 000.00	37 700.00	Venda, posição zerada
2020.05.29 14:15:00	16	TAEE11	buy	in	100	24.82	16	0.00	0.00	0.00	37 700.00	Compra a mercado
2020.05.29 16:45:00	17	TAEE11	sell	out	100	24.85	17	0.00	0.00	300.00	38 000.00	Venda, posição zerada
2020.06.05 11:30:00	18	TAEE11	buy	in	100	25.00	18	0.00	0.00	0.00	38 000.00	Compra a mercado
2020.06.09 12:30:00	19	TAEE11	sell	out	100	25.24	19	0.00	0.00	2 400.00	40 400.00	Venda, posição zerada
2020.06.12 12:00:00	20	TAEE11	buy	in	100	24.85	20	0.00	0.00	0.00	40 400.00	Compra a mercado
2020.06.18 11:00:00	21	TAEE11	sell	out	100	25.00	21	0.00	0.00	1 500.00	41 900.00	Venda, posição zerada
2020.06.24 10:15:00	22	TAEE11	buy	in	100	24.79	22	0.00	0.00	0.00	41 900.00	Compra a mercado
2020.06.29 16:54:59	23	TAEE11	sell	out	100	24.81	23	0.00	0.00	200.00	42 100.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 35. Negociações do ativo Taesa com IA de 04/2020 até 06/2020



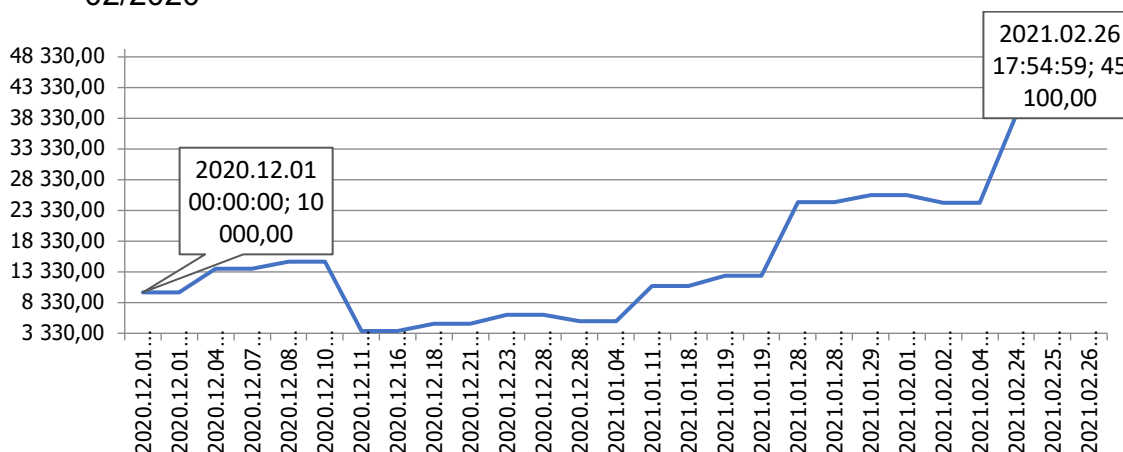
Fonte: Elaborado pelo autor ,2021

No primeiro teste com o robô assistido pelo algoritmo genético, com a ação Taesa, pode-se notar a diferença do resultado da carteira a qual teve um saldo de R\$42.100,00 (último ponto da Figura 34), sendo que no teste sem auxílio do algoritmo genético o resultado foi de R\$-34.700,00 (último ponto da Figura 22). Além de invertermos o resultado de negativo para positivo o saldo da carteira teve um lucro de R\$32.100,00 (comparação da linha 1 e linha 23 da Tabela 10). Na Figura 34 a curva da performance da carteira apresenta um comportamento diferente que o observado na Figura 22, há uma tendência mais clara de crescimento do patrimônio sem que haja retrocesso na evolução. O histórico de negociações pode ser observado com detalhes na Tabela 10, onde, das 22 operações (pelo fato da oferta 1 ser do tipo balance, não configura uma operação) apenas duas tiveram prejuízo (ofertas 7 e 11), demonstrando assim uma performance extremamente melhor, devido a integração com o algoritmo genético que realizou a convergência de resultados para a melhor solução, da mesma forma que foi observado com a ação Magazine Luiza. Em ambos os casos houve a diminuição do risco apresentado, visto que se realizou menor número de operações com maior assertividade (caso da Taesa eram 28 operações, tendo 11 delas resultado em prejuízo, que passou a ser 22 operações e apenas 2 com resultado de prejuízo). Adicionalmente, houve correções nas curvas de médias móveis, trazendo um resultado muito semelhante ao da Magazine Luiza, quando não havia um período bem definido. No caso de Taesa, conforme comentado anteriormente, a baixa volumetria de

negociações faz com que, do ponto de vista do algoritmo, o comportamento do gráfico se assemelhe a uma indefinição ou lateralização.

Seguindo a mesma linha de testes feitos com o Magazine Luiza, realizou-se os testes da janela de recuperação do período de dezembro 2020 até fevereiro de 2021, abaixo encontram-se os resultados.

Figura 36. Performance da carteira assistida por IA - Taesa - 12/2020 até 02/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 11. Negociações com IA - Taesa de 12/2020 até 02/2021

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2020.12.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2020.12.01 14:45:00	2	TAE11	sell	in	100	30.80	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Venda a mercado
2020.12.04 14:45:01	3	TAE11	buy	out	100	30.42	3	0.00	0.00	3 800.00	13 800.00	Comprado, posição zerada
2020.12.07 17:45:00	4	TAE11	sell	in	100	30.95	4	0.00	0.00	0.00	13 800.00	Venda a mercado
2020.12.08 15:30:00	5	TAE11	buy	out	100	30.83	5	0.00	0.00	1 200.00	15 000.00	Comprado, posição zerada
2020.12.10 11:00:00	6	TAE11	sell	in	100	30.43	6	0.00	0.00	0.00	15 000.00	Venda a mercado
2020.12.11 17:45:00	7	TAE11	buy	out	100	31.56	7	0.00	0.00	-11 300.00	3 700.00	Comprado, posição zerada
2020.12.16 12:00:00	8	TAE11	sell	in	100	31.02	8	0.00	0.00	0.00	3 700.00	Venda a mercado
2020.12.18 15:00:00	9	TAE11	buy	out	100	30.90	9	0.00	0.00	1 200.00	4 900.00	Comprado, posição zerada
2020.12.21 12:45:00	10	TAE11	sell	in	100	30.78	10	0.00	0.00	0.00	4 900.00	Venda a mercado
2020.12.23 17:00:00	11	TAE11	buy	out	100	30.64	11	0.00	0.00	1 400.00	6 300.00	Comprado, posição zerada
2020.12.28 10:15:00	12	TAE11	sell	in	100	30.85	12	0.00	0.00	0.00	6 300.00	Venda a mercado
2020.12.28 11:30:00	13	TAE11	buy	out	100	30.95	13	0.00	0.00	-1 000.00	5 300.00	Comprado, posição zerada
2021.01.04 11:45:00	14	TAE11	sell	in	100	30.77	14	0.00	0.00	0.00	5 300.00	Venda a mercado
2021.01.11 17:30:00	15	TAE11	buy	out	100	30.20	15	0.00	0.00	5 700.00	11 000.00	Comprado, posição zerada
2021.01.18 13:15:00	16	TAE11	sell	in	100	31.40	16	0.00	0.00	0.00	11 000.00	Venda a mercado
2021.01.19 14:15:00	17	TAE11	buy	out	100	31.23	17	0.00	0.00	1 700.00	12 700.00	Comprado, posição zerada
2021.01.19 17:30:00	18	TAE11	sell	in	100	31.39	18	0.00	0.00	0.00	12 700.00	Venda a mercado
2021.01.28 11:15:00	19	TAE11	buy	out	100	30.19	19	0.00	0.00	12 000.00	24 700.00	Comprado, posição zerada
2021.01.28 13:00:00	20	TAE11	sell	in	100	30.29	20	0.00	0.00	0.00	24 700.00	Venda a mercado
2021.01.29 11:15:00	21	TAE11	buy	out	100	30.18	21	0.00	0.00	1 100.00	25 800.00	Comprado, posição zerada
2021.02.01 17:45:00	22	TAE11	sell	in	100	30.58	22	0.00	0.00	0.00	25 800.00	Venda a mercado
2021.02.02 10:11:00	23	TAE11	buy	out	100	30.70	23	0.00	0.00	-1 200.00	24 600.00	Comprado, posição zerada
2021.02.04 17:30:00	24	TAE11	sell	in	100	30.65	24	0.00	0.00	0.00	24 600.00	Venda a mercado
2021.02.24 17:00:00	25	TAE11	buy	out	100	29.22	25	0.00	0.00	14 300.00	38 900.00	Comprado, posição zerada
2021.02.25 13:45:00	26	TAE11	sell	in	100	29.03	26	0.00	0.00	0.00	38 900.00	Venda a mercado
2021.02.26 17:54:59	27	TAE11	buy	out	100	28.41	27	0.00	0.00	6 200.00	45 100.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 37. Negociações do ativo Taesa com IA de 12/2020 até 02/2021

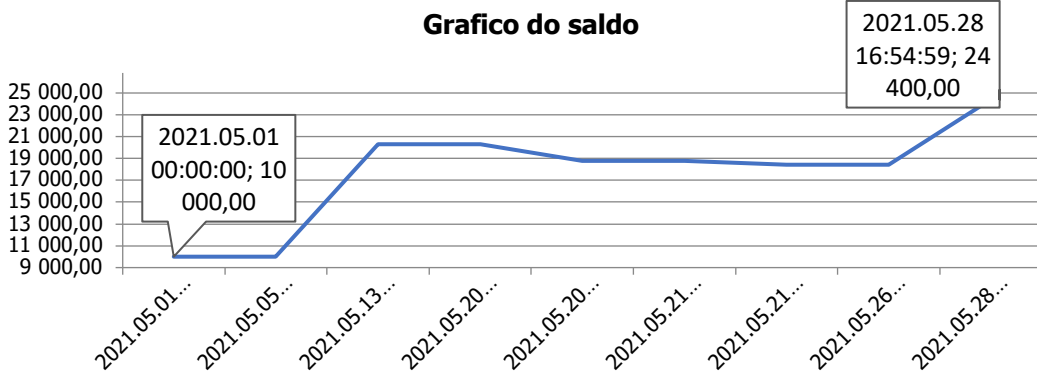


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Assim como observado no teste anterior, as médias são bem próximas entre si. Neste período, sem tendências bem definidas, a carteira finalizou com R\$ 45.100,00 (último ponto da Figura 36), resultado melhor do que o observado sem o algoritmo sem assistência da IA (R\$ - 15.400,00). Novamente é possível observar uma menor quantidade de operações realizadas e maior assertividade, conforme podemos verificar na Tabela 11 (26 operações com apenas 3 resultando prejuízo, sendo que sem a otimização do algoritmo genético 38 operações com 15 resultando em prejuízo), comprovando o melhor gerenciamento de riscos que o algoritmo genético incorpora na estratégia de sua utilização.

Como última etapa, foram feitas as análises do teste do último mês disponível, com a finalidade de comparação com os anteriores.

Figura 38. Performance da carteira assistida por IA - Taesa de Maio 2021



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 12. Negociações com IA - Taesa de maio 2021

Horário	Oferta	Ativo	Tipo	Direção	Volume	Preço	Ordem	Comissão	Swap	Lucro	Saldo	Comentário
2021.05.01 00:00:00	1		balance					0.00	0.00	10 000.00	10 000.00	
2021.05.05 10:45:00	2	TAE11	sell	in	100	37.72	2	0.00	0.00	0.00	10 000.00	Venda a mercado
2021.05.13 16:30:00	3	TAE11	buy	out	100	36.69	3	0.00	0.00	10 300.00	20 300.00	Comprado, posição zerada
2021.05.20 10:02:00	4	TAE11	sell	in	100	39.24	4	0.00	0.00	0.00	20 300.00	Venda a mercado
2021.05.20 15:00:00	5	TAE11	buy	out	100	39.39	5	0.00	0.00	-1 500.00	18 800.00	Comprado, posição zerada
2021.05.21 13:30:01	6	TAE11	sell	in	100	39.36	6	0.00	0.00	0.00	18 800.00	Venda a mercado
2021.05.21 14:00:00	7	TAE11	buy	out	100	39.40	7	0.00	0.00	-400.00	18 400.00	Comprado, posição zerada
2021.05.26 13:45:00	8	TAE11	sell	in	100	39.60	8	0.00	0.00	0.00	18 400.00	Venda a mercado
2021.05.28 16:54:59	9	TAE11	buy	out	100	39.00	9	0.00	0.00	6 000.00	24 400.00	end of test

Fonte: Elaborado pelo autor , 2021

Figura 39. Negociações do ativo Taesa com IA de Maio 2021



Fonte: Elaborado pelo autor , 2021

Ao realizar a leitura e a análise dos resultados, conclui-se que o desempenho foi positivo, sendo realizadas no total 8 operações (Tabela 12, sendo que a oferta 1 é do tipo balance, não configurando uma operação), trazendo um saldo de R\$24.400,00 (último ponto da Figura 38), ou seja, foi obtido um lucro de R\$14.400,00 (comparação entre a oferta 1 e a oferta 9 da Tabela 11), resultado próximo ao realizado pelo teste sem o auxílio do algoritmo genético.

Como a própria performance do robô já era positiva, a inteligência artificial realizou vários testes e o resultado da manipulação da variável que trouxe um melhor resultado foi muito próximo aos que já haviam sido considerados no código fonte do robô.

6.5 Compilação dos resultados

Para consolidação de todos os resultados, temos na tabela 1 a seguir um resumo comparação os resultados no robô não otimizado e com a otimização do algoritmo genético.

Tabela 13. Resumo dos resultados

	Não Otimizado [BRL]	Operações	Otimizado [BRL]	% Otimização Saldo	Operações Otimizado	% Otimização Quantidade
MGLU COVID	BRL 67,500.00	20	BRL 68,200.00	1%	18	10%
MGLU RECUPERAÇÃO	BRL (15,900.00)	38	BRL 29,300.00	-284%	78	-105%
MGLU MAI/21	BRL 10,200.00	8	BRL 14,200.00	39%	6	25%
TAESA COVID	BRL (34,700.00)	28	BRL 42,100.00	-221%	22	21%
TAESA RECUPERAÇÃO	BRL (15,400.00)	38	BRL 45,100.00	-393%	26	32%
TAESA MAI/21	BRL 23,500.00	18	BRL 24,400.00	4%	8	56%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Com base na compilação dos resultados da Tabela 13, podemos identificar que o robô trouxe o melhor resultado com a ação Magazine Luiza no cenário de crise do COVID, ou seja, quando o cenário econômico estava bem definido. Adicionalmente, o percentual de otimização nesse caso foi de apenas aproximadamente 1%, logo os parâmetros escolhidos para configuração inicial do robô já são bem próximos dos mais adequados para esse tipo de aplicação. Vale ressaltar que tivemos a melhor taxa de otimização com a ação TAESA em um cenário de configuração sem definição, onde viramos um resultado de prejuízo de R\$15.400,00 para lucro de R\$45.100,00, representado quase 400% de melhora. Ao comparar os resultados de Magazine Luiza com os de Taesa, podemos verificar que quando o código não está otimizado pelo algoritmo genético, obtivemos 2 resultados positivos dentro dos 3 cenários de testes para Magazine Luiza e 2 resultados negativos dentro dos 3 cenários de testes para Taesa, comprovando assim que a ação com maior volumetria de negociação tem um melhor resultado quando o robô não está otimizado. Com o robô otimizado, não foi observado impactos da volumetria de negociação no resultado, visto que em todos os cenários independente da ação testada, o saldo foi positivo.

6. Conclusão

A estratégia de uso de um robô trader utilizando técnicas de análise de mercado com base em gráficos formados pelas movimentações de preços das ações listadas em bolsa, pode ser bem lucrativa, contudo, existem diversos riscos igualmente envolvidos no processo.

O projeto do robô desenvolvido no presente trabalho mostrou-se viável, desempenhando resultados satisfatórios e alinhados com a proposta. Este ainda demonstrou maior eficiência em momentos nos quais há um movimento mais definido de mercado, tendo assim uma performance melhor em comparação com períodos em que há uma indefinição (lateralização de mercado).

Com base nos testes em duas ações diferentes (Magazine Luiza e Taesa), foi possível concluir que quanto maior o volume de negociação de uma ação mais volátil se torna o gráfico, gerando assim maiores movimentações nas curvas móveis, e conseqüentemente resultando em uma melhor performance. Ainda foi observado que o impacto de uma inteligência artificial agregada ao robô desenvolvido foi altamente positivo, trazendo bons resultados de lucros, e em períodos de prejuízo foi possível ter um ajuste para um resultado de lucro. Outro ponto muito importante a ser notado é a melhora na gestão de riscos com a implementação do algoritmo genético, uma vez que este, na maioria dos casos, fez operações com maior assertividade e em menor quantidade.

Os resultados obtidos foram suficientemente satisfatórios, visto que a proposta de desenvolvimento de um robô *trader* assistido por inteligência artificial foi cumprida e comprovada por simulações, como pode identificar na tabela 13 de resumo dos resultados. Os resultados apresentados comprovam a eficiência da adição do algoritmo genético ao algoritmo implementado, no qual o menor percentual de otimização foi de aproximadamente 1%, resultando em um saldo de carteira de R\$ 68.200,00. Destaca-se ainda que nas ocasiões em que foram observadas situações de prejuízo, passou-se a ter lucro.

Cabe ressaltar que a performance foi melhorada não apenas pelo resultado de carteira, mas também pela diminuição dos riscos, uma vez que foi realizado uma

quantidade menor de operações e com maior precisão, ou seja, uma menor exposição ao risco (exemplificando, comparando a Tabela 1, em que foram realizadas 21 operações, e a Tabela 7, em que foram realizadas 19 operações). Mesmo com o resultado satisfatório obtido, há espaço para um estudo mais aprofundado no código para tentar minimizar os riscos e maximizar o lucro, seja por meio de indicações de percentual de Fibonacci ou por estratégias de *stop-loss*, para que em determinado valor escolhido, automaticamente, já finalize a operação garantindo um bom lucro ou evitando uma grande perda.

7. REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

ADEBIYI, Ayodele; AYO, Charles K.; ADEBIYI, Marion O.; OTOKITI, Sunday O. “*Stock Price Prediction using Neural Network with Hybridized Market Indicators*”. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, Janeiro 2012. Departamento de Ciência da Computação e Informática da Universidade de Covenant, Nigéria. Disponível em: http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/4112/1/Emerging_Trend.pdf. Acesso em: 31 Out. 2021.

AGUILLAR, Beatriz. “Tipos de *Trade*: descubra com qual você mais se identifica”. Clear Corretora. Disponível em: <https://blog.clear.com.br/tipos-de-trader>>. Acesso em: 10 Maio 2020.

ALVES, Neider Antonio Texeira. “Você sabe o que é um *Trader*? Descubra como se tornar um profissional de investimentos”, 2019. Disponível em: <<https://www.tororadar.com.br/blog/trader-7-dicas-para-viver-da-bolsa-de-valores>>. Acesso em 12 Abr. 2020.

ANDRADE, Jennefer; GUILHERME, Guilherme. “Os robôs do mercado financeiro: entre oportunidades e riscos”. Estadão. 2019. Disponível em <https://arte.estadao.com.br/focas/estadaoqr/materia/os-robos-do-mercado-financeiro-entre-oportunidades-e-riscos>>. Acesso em: 31 Out. 2021.

CAPITALNOW, “Padrões de *candlestick*: o que é e como interpretar? Saiba tudo”. 2019. Disponível em: <https://www.capitalresearch.com.br/blog/investimentos/padroes-de-candlestick/#:~:text=Antes%20de%20tudo%2C%20um%20poucode%20contratos%20futuros%20de%20arroz>. Acesso em: 15 Fev. 2021.

CARVALHO, André Pounce de Leon F. “Algoritmos Genéticos”. *Department of Computer Science, University of São Paulo – ICMC – USP*. s.d. Disponível em: <https://sites.icmc.usp.br/andre/research/genetic/>. Acesso em: 17 Mar. 2021.

FERREIRA, Fernando; LI, Jennie. “XP Monitor: Crescimento de pessoas físicas na Bolsa segue”. Expertxp. 2021. Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/acoes/relatorios/xp-monitor-crescimento-de-pessoas-fisicas-na-bolsa-segue/>. Acesso em: 20 Out. 2021.

LANA, Matheus. “Guia Completo sobre Robôs *Traders*”. Disponível em: <https://smarttbot.com/blog/guia-robos-traders/>. Acesso em: 30 Mar. 2020.

LOSSO, Rodrigo. “Aplicando inteligência artificial e machine learning no mercado financeiro”. Valor Investe, Globo, 2019. Disponível em: <https://valorinveste.globo.com/blogs/nefin/coluna/aplicando-inteligencia-artificial-e-machine-learning-no-mercado-financieiro.ghtml>. Acesso em 20 de Maio de 2020.

MAIS RETORNO. “Backtest”. 2019. Disponível em <https://maisretorno.com/blog/termos/b/backtest>. Acesso em: 13 Maio 2020.

METAQUOTES LTD. “Ajuda para o MetaTrader5”, 2000-2021. Disponível em: https://www.metatrader5.com/pt/terminal/help/algotrading/optimization_types. Acesso em: 30 de Out. 2021.

METATRADER5. “Linguagem de programação de estratégia de negócios MetaQuotes Language 5”, 2020. Disponível em: <https://www.metatrader5.com/pt/automated-trading/mql5>. Acesso em 20 de Maio de 2020.

MIRANDA, Marcio Nunes. “Algoritmos Genéticos: Fundamentos e Aplicações”. 2021. Disponível em: <http://www.nce.ufrj.br/GINAPE/VIDA/alggenet.htm>. Acesso em: 31 Out. 2021.

MOUTINHO, Sofia. “Quanta informação há no mundo?”. Ciência Hoje. 2011. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/quanta-informacao-ha-no-mundo/>. Acesso em: 31 Out. 2021.

NOVO MERCADO B M & F BOVESPA.” Histórico de Cotações/Negócios – Abril 2021 – Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A.”. Disponível em: http://bvmf.bmfbovespa.com.br/sig/FormConsultaNegociacoes.asp?strTipoResultado=RES_NEGOCIACOES&strSocEmissora=TAE&strDtReferencia=04/2021&strIdioma=P&intCodNivel=1&intCodCtrl=100. Acesso em: 13 Abr. 2021.

PINHEIRO, Hildebrando Matheus. “O Uso de Robôs na Escolha dos Investimentos”. Disponível em: https://administradores.com.br/artigos/o-uso-de-rob%C3%B4s-na-escolha-dos-investimentos?from=samsung_news_daily_card&

utm_medium=samsung_news_daily_card&utm_source=flipboard>. Acesso em: 20 Nov. 2020.

REIS, Tiago. “Teoria de Dow: conheça esse método de análise técnica”. Disponível em: <https://www.sunoo.com.br/artigos/teoria-dow/>. Acesso em: 30 Out. 2021.

SASSAKI, Caio. “Conceito de estratégia para *traders*, como melhorar meus resultados?”. Disponível em: <https://portaldotrader.com.br/aprenda/plano-de-trade-curso-gratuito/trading-plan/conceito-de-estrategia>. Acesso em: 05 Abr. 2020.

SIEDSCHLAG, Ana Carolina; “Inteligência Artificial é futuro do DayTrade”, ENTREVISTA: 2021. Disponível em: <https://br.investing.com/news/stock-market-news/entrevista-inteligencia-artificial-e-futuro-do-day-trade-diz-especialista-da-xp-839152>. Acesso em: 07 de Mar. 2021.

TOTVS, “O que é Inteligência artificial? Como funciona, exemplos e aplicações”. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/inovacoes/o-que-e-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 07 Mar. 2021.

TOURINHO, Renan F.; OLIVEIRA, Antônio C.; VERAS, Rodrigo M.S. “Um Algoritmo Genético para Seleção de Portfólio de Investimentos com Restrições de Cardinalidade e Lotes-Padrão”. Departamento de Computação (DC) – Universidade Federal do Piauí. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/5720/5617>. Acesso em: 31 Out. 2021.

VDI BRASIL – Associação de Engenheiros Brasil – Alemanha. “Como anda a revolução dos robôs na indústria?”. Disponível em: <https://www.vdibrasil.com/como-anda-a-revolucao-dos-robos-na-industria/>. Acesso em: 31 Out. 2021.

UNIVERSAL ROBOTS BRASIL. “Compreendendo as Diferenças entre Robótica e Automação”. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/compreendendo-as-diferencas-entre-rob%C3%B3tica-e-automac%C3%A3o/>. Acesso em 08 Dez 2021.

Apêndice I

Código do robô *trader* desenvolvido:

```
1
2 #include <Trade/Trade.mqh>
3
4 input int lote = 100;
5 //período de curta equivalente a 1 hora com um timeframe de 5 min
6 input int PCurta = 12;
7 //período de longa equivalente a dia com um timeframe de 5 min
8 input int PLonga = 96;
9
10 int curtaHandle = INVALID_HANDLE;
11 int longaHandle = INVALID_HANDLE;
12
13 double mCurta[];
14 double mLonga[];
15
16 CTrade trade;
17
18 int OnInit()
19 {
20
21     ArraySetAsSeries(mCurta,true);
22     ArraySetAsSeries(mLonga,true);
23
24
25     curtaHandle = iMA(_Symbol,_Period,PCurta,0,MODE_SMA,PRICE_CLOSE);
26     longaHandle = iMA(_Symbol,_Period,PLonga,0,MODE_SMA,PRICE_CLOSE);
27
28     return(INIT_SUCCEEDED);
29 }
30
31 void OnDeinit(const int reason)
32 {
33
34 }
35
36 void OnTick()
37 {
38     if(isNewBar())
39
40
41         int copied1 = CopyBuffer(curtaHandle,0,0,3,mCurta);
42         int copied2 = CopyBuffer(longaHandle,0,0,3,mLonga);
43
44         bool Compra = false;
45         bool Venda = false;
46
47
48         if(copied1==3 && copied2==3)
49         {
50
51             if( mCurta[1]>mLonga[1] && mCurta[2]<mLonga[2] )
52             {
53                 Compra = true;
54             }
55
56             if( mCurta[1]<mLonga[1] && mCurta[2]>mLonga[2] )
57             {
58                 Venda = true;
59             }
60         }
61
62         bool comprado = false;
63         bool vendido = false;
64         if(PositionSelect(_Symbol))
65         {
66
67             if( PositionGetInteger(POSITION_TYPE)==POSITION_TYPE_BUY )
68             {
69                 comprado = true;
70             }
71
72             if( PositionGetInteger(POSITION_TYPE)==POSITION_TYPE_SELL )
73
```

```

74         {
75             vendido = true;
76         }
77     }
78
79
80     if( !comprado && !vendido )
81     {
82
83         if( Compra )
84         {
85             trade.Buy(lote,_Symbol,0,0,0,"Compra a mercado");
86         }
87
88         if( Venda )
89         {
90             trade.Sell(lote,_Symbol,0,0,0,"Venda a mercado");
91         }
92     }
93     else
94     {
95
96         if( comprado )
97         {
98             if( Venda )
99             {
100                 trade.Sell(lote*1,_Symbol,0,0,0,"Venda, posição zerada");
101             }
102         }
103
104         else if( vendido )
105         {
106             if( Compra )
107             {
108                 trade.Buy(lote*1,_Symbol,0,0,0,"Comprado, posição zerada");
109             }
110         }
111     }
112
113 }
114 }
115 }
116
117 bool isNewBar()
118 {
119
120     static datetime last_time=0;
121
122     datetime lastbar_time=(datetime)SeriesInfoInteger(Symbol(),Period(),SERIES_LASTBAR_DATE);
123
124
125     if(last_time==0)
126     {
127
128         last_time=lastbar_time;
129         return(false);
130     }
131
132     if(last_time!=lastbar_time)
133     {
134
135         last_time=lastbar_time;
136         return(true);
137     }
138
139     return(false);
140 }

```

Apêndice II

A otimização do tipo algoritmo genético consiste na combinação dos melhores valores de parâmetros de entrada. Após começar a otimização genética, na guia de “Configurações” é exibido o número estimado de execuções do teste que serão realizadas, sendo esse número calculado da seguinte forma:

$$\text{Execuções} = \text{Tamanho da população} * (\text{Número absoluto de gerações} + \text{Número de gerações para a avaliação da convergência}) \quad (2)$$

Onde:

- O tamanho da população é calculado com base no número de possíveis combinações de parâmetros otimizados e pode adotar valores de 64 a 256;
- O número absoluto de gerações pode adotar valores de 15 a 31. É determinado pela manifestação de uma melhoria do critério de otimização. Há sempre 15 gerações sendo testadas. Se uma geração entre 15 a 31 não mostrar qualquer melhoria do critério de otimização, serão executados testes adicionais das gerações seguintes para avaliar a convergência.
- O número de gerações para a avaliação da convergência é calculado como um terço do número absoluto de gerações. Se o número absoluto de gerações for igual a 18 (melhor resultado na geração 17 e sem melhoria na 18), adicionalmente serão testadas 5 gerações: na geração 18 não houve nenhuma melhoria e para testar a convergência é necessária uma ausência de melhoria em $18/3 = 6$ gerações. O teste é interrompido, se, durante o número condicional de gerações, não houver melhoria.

O critério de otimização é um fator determinado, cujo valor determina a qualidade de um conjunto testado de parâmetros de entrada. Quanto maior for o valor do critério de otimização, melhor será avaliado o resultado do teste com o conjunto de parâmetros dados. A seleção desse indicador é realizada na guia "configurações" à direita do campo "Otimização".

Os critérios de otimização são os seguintes:

- Saldo máximo – indicador de otimização é o valor máximo do saldo.

- Rentabilidade máxima – indicador é o valor máximo de lucratividade.
- Retorno máximo esperado – indicador é o retorno esperado.
- Rebaixamento mínimo – nesse caso, são considerados o nível de rebaixamento: Saldo/Rebaixamento de capital líquido.
- Fator de recuperação máxima – indicador é o fator de recuperação.
- Coeficiente de Sharpe máximo – indicador é o coeficiente de Sharpe.
- Critério de otimização do usuário – ao selecionar esse parâmetro, o valor da função OnTester() será calculado como critério de otimização no expert. Esse parâmetro permite que o usuário utilize qualquer indicador próprio para a otimização.

As configurações da otimização estão explicitadas na Figura 14.