

# Estratégias de Negociação de Criptomoedas Baseados em Indicadores Financeiros Clássicos

Denner Basilio dos Santos  
CPCX-UFMS  
Coxim, MS, Brasil  
denner.basilio@ufms.br

Angelo Darcy Molin Brun  
CPCX-UFMS  
Coxim, MS, Brasil  
angelo.molin@ufms.br

## Abstract

The increasing flow of information in the digital age forces the brain to increase the use of mental heuristics (mental shortcuts) which, although they assist in information processing, can result in harmful cognitive biases, especially in the context of financial investments. This work aims to develop and evaluate an algorithm based on financial indicators (RSI, MACD, and Volume) for the analysis of the Bitcoin market, aiming to minimize the influence of emotional biases in investment decisions. The results demonstrated that, although the traditional buy and hold strategy, used for comparison, presented higher nominal returns, the developed algorithm achieved greater operational stability, with more controlled drawdowns and lower standard deviation at certain times. Thus, the algorithm contributes to the analysis of the cryptocurrency market, providing a robust set of metrics and visualizations to evaluate performance and understand market behavior.

## Keywords

Bitcoin, Indicadores Financeiros, RSI, MACD, Volume, vieses cognitivos

## 1 Introdução

Com a chegada da internet e o aumento no fluxo de informações, somos diariamente bombardeados por uma quantidade enorme de conteúdo. Esse excesso informacional leva o nosso cérebro a aplicar mais frequentemente heurísticas, que são atalhos mentais, utilizados para simplificar e agilizar a tomada de decisões. Embora essas heurísticas possam ser úteis para lidar com a complexidade e a quantidade de informação, elas também nos expõem a erros de percepção e julgamento, conhecidos como vieses cognitivos. Segundo o estudo *Vieses do Investidor* publicado pela Comissão de Valores Mobiliários [3], esses vieses são particularmente dominantes no contexto financeiro, onde decisões de investimento são frequentemente influenciadas por sentimentos e tendências de curto prazo, em vez de análises fundamentadas.

O mercado de criptomoedas, especialmente o Bitcoin, tem crescido exponencialmente nos últimos anos, tornando-se muito atrativo para investidores. De acordo com a revista Exame [5], a Bernstein, uma gestora bilionária de ativos, divulgou um relatório que estima que a capitalização do mercado de criptomoedas mais que dobrará até 2025, atingindo a marca de US\$7,5 trilhões.

Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar um algoritmo que utiliza indicadores financeiros para análise do mercado de Bitcoin, direcionado especialmente a investidores com perfil moderado (tipo 2). Segundo a classificação da ANBIMA, existem três perfis de investidores: o perfil 1 (conservador), que possui baixa tolerância a risco e prioriza investimentos com liquidez;

o perfil 2 (moderado), que apresenta média tolerância a risco e busca a preservação de capital a longo prazo; e o perfil 3 (agressivo), que demonstra maior tolerância a risco e aceita potenciais perdas em busca de maiores retornos [4]. O algoritmo é projetado para tomar decisões baseadas em dados e lógica, diminuindo a influência de vieses emocionais e sentimentais que frequentemente alteram a percepção dos investidores, dessa maneira, ao eliminar o impacto desses vieses, espera-se que o algoritmo promova uma abordagem mais racional e eficiente na tomada de decisões de investimento, contribuindo para um comportamento financeiro mais disciplinado e menos sujeito a variações emocionais.

## 1.1 Motivação e Justificativa

A utilização de um algoritmo baseado em indicadores financeiros transforma o processo de análise e negociação do Bitcoin em algo racional e lógico, o que aumenta significativamente as chances de acerto e lucratividade. Além de tornar as negociações mais precisas, essa análise contribui para um melhor entendimento dos movimentos do mercado de criptomoedas, promovendo o aprimoramento das técnicas de negociação.

## 1.2 Objetivo

### 1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal criar e avaliar um algoritmo que utiliza indicadores financeiros para análise do mercado de Bitcoin, com o intuito de tomar decisões fundamentadas em dados e lógica. Pretende-se que o algoritmo reduza a influência de vieses emocionais e sentimentais, promovendo uma abordagem mais racional e eficiente.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Utilizar indicadores financeiros clássicos para criar estratégias de negociação.
- Encontrar uma base histórica do Bitcoin que seja ampla e detalhada.
- Desenvolver o algoritmo de forma modular para permitir ajustes nas configurações dos indicadores.
- Simular o funcionamento do algoritmo utilizando a base histórica.
- Criar uma conexão com uma base de dados real de negociação de Bitcoin.
- Testar os indicadores com dados em tempo real do Bitcoin.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Criptomoedas

As criptomoedas, como o Bitcoin, são ativos digitais que podem ser utilizados como forma de pagamento em transações de valor. As transações realizadas com criptomoedas são registradas em um grande livro público digital, conhecido como *blockchain*, que opera em um sistema de rede descentralizada [2].

### 2.2 Indicadores Financeiros

Indicadores financeiros são ferramentas de análise utilizadas para avaliar ativos em mercados de investimento. Eles se baseiam em métricas e dados históricos para entender o comportamento do ativo e prever possíveis direções que ele possa seguir, auxiliando assim o investidor na tomada de decisões.

#### 2.2.1 Indicador Financeiro: MACD

O MACD (Moving Average Convergence Divergence) é um indicador financeiro que calcula a diferença entre duas médias móveis exponenciais dos preços, atribuindo maior peso aos valores mais recentes [1].

No cálculo do MACD, utilizam-se duas Médias Móveis Exponenciais: uma média curta e uma média longa. A média curta é calculada multiplicando-se o preço atual por um fator de ponderação definido pela fórmula  $\frac{2}{n+1}$ , sendo  $n$  o número de dias do período escolhido. Ao valor resultante, adiciona-se o valor anterior da média curta, multiplicado pelo complemento desse fator  $(1 - \frac{2}{n+1})$ . Esse cálculo confere maior peso aos preços mais recentes. A média longa segue a mesma fórmula, mas com um período maior, o que dá mais importância aos preços antigos. O fator de ponderação da média longa é  $\frac{2}{m+1}$ , onde  $m$  corresponde ao período mais longo.

A diferença entre essas duas médias — curta e longa — é o valor do MACD, que sinaliza a força da tendência atual do mercado. Quando a média curta está acima da média longa, pode-se interpretar uma tendência de alta; caso contrário, uma tendência de baixa. A equação geral do MACD é dada pela Equação 1:

$$MACD = EMA_{curta} - EMA_{longa} \quad (1)$$

Para suavizar as variações do MACD e facilitar a identificação de mudanças de tendências, utiliza-se a linha de sinal, que é outra média móvel exponencial do próprio MACD. O cálculo da linha de sinal segue a mesma lógica da EMA, ponderando-se o valor atual do MACD e o valor anterior da linha de sinal. A Equação 2 realiza o cálculo da linha de sinal, considerando  $k$  o período definido.

$$Sinal = MACD_{atual} \times \frac{2}{k+1} + Sinal_{anterior} \times \left(1 - \frac{2}{k+1}\right) \quad (2)$$

sendo  $k$  o período definido para a linha de sinal.

Inicialmente, a decisão padrão é "Manter", ou seja, não realizar nenhuma ação de compra ou venda. Contudo, essa decisão é ajustada conforme as condições do MACD. Se o MACD estiver acima da linha de sinal, a decisão será "Comprar". Se o MACD estiver abaixo da linha de sinal, a decisão será "Vender".

#### 2.2.2 Indicador Financeiro: RSI

O RSI (Relative Strength Index) é um indicador financeiro que mede a força relativa do preço de um ativo, comparando os aumentos

e quedas dos preços ao longo de um período específico [7]. O cálculo inicia-se com a diferença entre o preço de fechamento atual e o anterior. Se a diferença for positiva, há um ganho, e o valor é atribuído ao campo de ganhos. Caso a diferença seja negativa, o valor absoluto da variação é registrado no campo de perdas.

A partir desses valores diários, calculam-se as médias móveis de ganhos e perdas ao longo do período definido pelo usuário. Enquanto a quantidade de dados for insuficiente para completar o período, utilizam-se médias simples. A Equação 3 apresenta a média dos ganhos em um período definido.

Nova média de ganhos =

$$\frac{(\text{Média anterior de ganhos} \times (\text{Período} - 1)) + \text{Ganho atual}}{\text{Período}} \quad (3)$$

A mesma lógica é aplicada à média de perdas. Essa fórmula suaviza as variações, atribuindo mais peso aos dados passados e ajustando os valores à medida que novos dados são incorporados, otimizando o processamento do algoritmo.

Com as médias de ganhos e perdas obtidas, calcula-se o Índice de Força Relativa (RSI). O primeiro passo é determinar o índice de força relativa (RS), fórmula 4, a razão entre a média dos ganhos e a média das perdas:

$$RS = \frac{\text{Média de ganhos}}{\text{Média de perdas}} \quad (4)$$

O RSI é então calculado pela fórmula 5:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (5)$$

Se a média de perdas for zero, o RSI será igual a 100, indicando apenas ganhos no período.

O valor do RSI é comparado a dois níveis de referência: um limite superior ("topo") e um limite inferior ("baixa"). Se o RSI ultrapassar o topo, sugere-se que o ativo está sobrecomprado, e a operação indicada seria de venda. Se o RSI estiver abaixo da baixa, indica-se que o ativo está sobrevendido, e a recomendação seria de compra. Caso o RSI permaneça entre esses dois níveis, a manutenção da posição atual é indicada.

#### 2.2.3 Indicador Financeiro: Baseado em Volume

O OBV (On Balance Volume) é um indicador financeiro que se baseia no volume de negociação de um ativo. Calcula-se o OBV utilizando as informações do preço de fechamento e do volume negociado, relacionando assim as mudanças de preço com as variações no volume de negociação [8].

O cálculo do OBV é realizado comparando-se o preço de fechamento do dia atual com o do dia anterior. Quando o preço atual é maior que o anterior, soma-se o volume do dia ao OBV anterior. Caso o preço atual seja menor que o anterior, subtrai-se o volume do dia do OBV anterior. Se os preços forem iguais, o OBV permanece o mesmo.

Após o cálculo do OBV, realizam-se duas somas: a soma das diferenças nos preços de fechamento do ativo (6) e a soma das diferenças do OBV (7), ambas considerando um período definido pelo usuário.

$$S_{preco} = \sum_{i=1}^n (P_{fechamento,i} - P_{fechamento,i-1}) \quad (6)$$

$$S_{obv} = \sum_{i=1}^n (OBV_i - OBV_{i-1}) \quad (7)$$

Com base nessas somas, decide-se pela compra, venda ou manutenção da posição. Se o preço estiver caindo e o OBV subindo, indica-se a compra. Se o preço estiver subindo e o OBV caindo, recomenda-se a venda. Já se ambos estiverem subindo ou caindo, a decisão é de manter a posição. Esse indicador busca, assim, identificar divergências entre o movimento do preço e o volume para determinar o melhor momento para realizar operações de compra ou venda.

### 2.2.4 Indicador Financeiro: SuperIndicador

O *SuperIndicador* é um parâmetro criado neste estudo como uma ferramenta de análise técnica desenvolvida para reunir sinais de diversos indicadores, como RSI, MACD e Volume, com o objetivo de gerar sinais de negociação mais confiáveis. Cada indicador é analisado de forma independente, e os sinais são combinados por meio de um sistema de votação, onde a decisão final (compra, venda ou manutenção) é determinada pela concordância predominante entre os sinais individuais.

## 2.3 Estratégia Buy and Hold

A estratégia *buy and hold* é uma técnica de investimento de longo prazo que consiste em comprar ativos, como criptomoedas ou ações, e mantê-los por períodos prolongados, independentemente das flutuações de mercado. [6] Neste trabalho, essa estratégia foi utilizada apenas para comparação com a evolução do saldo investido. O *buy and hold* inicia-se no momento em que a primeira fração de Bitcoin é adquirido pelo algoritmo. A partir desse ponto, simula-se se todo o valor investido fosse alocado apenas em um ativo, sem que nenhuma operação adicional seja realizada ao longo do tempo.

## 3 Metodologia e Desenvolvimento

A Figura 1 representa a metodologia deste trabalho, que foi estruturada em uma série de etapas para a coleta, preparação e análise dos dados históricos e em tempo real do Bitcoin.

### 3.1 Coleta e Preparação dos Dados

A primeira etapa foi a coleta dos dados históricos do Bitcoin. Para isso, utilizou-se o *Kaggle*, uma plataforma para compartilhamento de *datasets*. Selecionou-se uma base de dados abrangente, cobrindo o período de 2017 a 2024, com uma granularidade de 1 minuto. Utilizando a linguagem de programação *Python*, o arquivo *.CSV* contendo os dados foi importado e transformado em um *DataFrame*, uma estrutura de dados para análise.

### 3.2 Limpeza e Transformação dos Dados

Antes de iniciar a análise, foi realizado um tratamento prévio nos dados para garantir sua qualidade. Esse processo incluiu as seguintes etapas:

- **Padronização das colunas:** Foram unificados os nomes das colunas para facilitar a manipulação e análise dos dados.
- **Definição da granularidade dos dados:** O intervalo de tempo entre cada registro foi configurado utilizando-se o

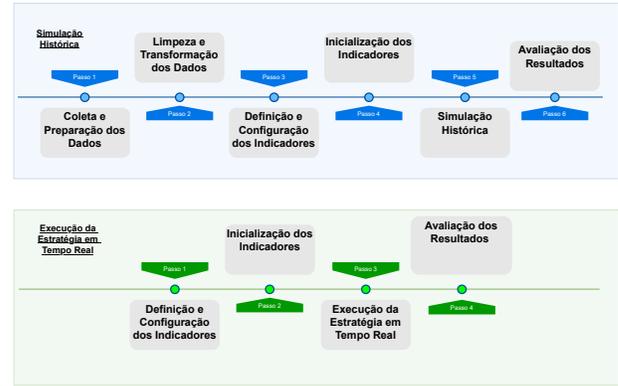


Figura 1: Metodologia do Trabalho

parâmetro *período* no código, permitindo flexibilidade na escolha da frequência de análise. Essa definição é essencial, pois impacta diretamente na precisão dos indicadores e na capacidade de capturar movimentos importantes do mercado.

- **Definição do período de análise:** O período de análise é especificado pelo usuário, via parâmetro *filtro\_datas* no código, selecionando-se o início e o fim da série temporal. Essa flexibilidade possibilita o ajuste do estudo conforme a necessidade, seja para uma análise mais ampla ou focada em intervalos específicos.
- **Remoção de dados faltantes:** Foram eliminados registros com informações incompletas ou vazias, garantindo a integridade dos dados.

### 3.3 Definição e Configuração dos Indicadores

No desenvolvimento do algoritmo, cada indicador técnico foi modelado como uma classe, com seus atributos correspondendo aos parâmetros utilizados nos cálculos. A definição e configuração dos indicadores envolveu a seleção dos indicadores mais adequados para a análise, a determinação da forma como seriam combinados e a atribuição de valores específicos para cada parâmetro, a fim de otimizar o desempenho do modelo.

### 3.4 Inicialização dos Indicadores

Após a definição e configuração dos indicadores, procedeu-se à instanciamento das classes correspondentes. Em situações onde múltiplos indicadores são combinados para formar uma estratégia mais complexa, cada indicador é instanciado individualmente e, posteriormente, agrupado em uma classe que representa a estratégia como um todo.

### 3.5 Simulação Histórica

Conduziu-se a simulação histórica aplicando os indicadores instanciados aos dados históricos do Bitcoin. Para cada registro no conjunto de dados, os indicadores foram calculados, gerando os

sinais de compra e venda. Quando um sinal de compra era emitido, a aquisição do ativo era simulada, considerando-se as taxas de transação e os limites aplicados pela corretora na negociação, tais como valores mínimos e quantidade negociável. Da mesma forma, ao receber um sinal de venda, simulava-se a venda do ativo e o retorno do capital ao caixa.

### 3.6 Simulação da Estratégia em Tempo Real

A execução em tempo real opera em dois ambientes distintos: teste e produção (real). Em ambos os casos, o sistema recebe dados em tempo real do mercado de Bitcoin por meio do *webhook* da *Binance*.

No ambiente de teste, executam-se as mesmas operações de compra e venda que seriam realizadas no ambiente real, utilizando dados reais do mercado, porém sem efetuar transações monetárias. Esse ambiente permite validar o funcionamento do sistema sem envolver recursos financeiros.

No ambiente de produção, o sistema realiza exatamente as mesmas operações, porém efetivando a compra e venda de Bitcoin com recursos financeiros reais. A escolha entre os ambientes é configurada por meio da variável `AMBIENTE` no arquivo `.env`, onde `TESTE` ativa o ambiente de simulação e `PRINCIPAL` habilita as operações reais.

Em ambos os ambientes, a *Binance* define um valor mínimo para compra e venda de Bitcoin, que é de R\$10. A menor quantidade de Bitcoin negociável pela API da *Binance* é de 0.00001.

Para operar, o sistema recupera inicialmente o histórico do Bitcoin, na frequência de tempo definida, através da API da *Binance*. A quantidade de registros utilizados da API, com um limite máximo de 500, pode ser ajustada pelo parâmetro `calibracao_indicadores`. É recomendado calibrar os indicadores antes de iniciar as operações para reduzir o tempo que levam para começar as negociações, pois, dependendo das configurações, os indicadores podem exigir períodos longos de dados para serem efetivamente calculados. Por exemplo, se a frequência for de 1 minuto, os indicadores analisarão os últimos 500 minutos de negociação do Bitcoin.

Com os indicadores inicializados, passa-se a alimentar o sistema com dados em tempo real através da conexão *websocket* com a *Binance*. Esses dados são processados continuamente conforme a frequência definida. Os indicadores, então, geram sinais de compra ou venda que disparam as funções de autorização.

As funções de autorização realizam uma sequência de validações antes de confirmar a operação. Na compra, a função de autorização transforma o valor em reais disponível pelo indicador em quantidade de *Binance*. Essa quantidade passa pela função de ajuste, que garante a quantidade mínima negociável pela *Binance*. Em seguida, o sistema estima o custo total da operação em reais e verifica se esse valor é superior ao mínimo permitido (R\$10,00). Passando por todas as validações, a função de lançamento de ordem é acionada.

A função de autorização de venda também ajusta a quantidade de *Bitcoin* a ser vendida e estima o valor total da venda. A primeira validação, assim como na compra, é a do valor mínimo da operação. Em seguida, verifica-se se o lucro da operação, já descontada a taxa de operação, é igual ou superior ao lucro mínimo definido. O lucro mínimo é calculado a partir do valor da última compra adicionado da porcentagem mínima de lucro desejada. Se todas as validações forem satisfeitas, a função de lançamento da ordem de venda é

chamada. Caso o sinal de venda tenha sido dado pelo *Stoploss*, a única validação realizada é a do valor mínimo da operação.

### 3.7 Avaliação dos Resultados - Simulação e Estratégia em Tempo Real

Para avaliar a performance da simulação histórica e da estratégia em tempo real, implementou-se um sistema de *logging* detalhado. Para cada indicador, registraram-se o saldo, o lucro, o lucro por operação e demais métricas relevantes, incluindo valores gerais e totais. Os dados obtidos foram organizados de forma estruturada, possibilitando a análise dos resultados por meio de *scripts* personalizados. Geram-se gráficos que ilustram a evolução do patrimônio ao longo de todo o período, o desempenho individual de cada indicador e o histórico das negociações. Essa análise quantitativa e visual permitiu uma avaliação completa da eficácia da estratégia.

### 3.8 Disponibilização

O código-fonte desenvolvido para este trabalho encontra-se disponível no seguinte link: <https://github.com/Dennerbs/TCC-Bitcoin>. No repositório, há um arquivo *README* com instruções detalhadas sobre como iniciar o algoritmo.

## 4 Experimentos e Resultados

A análise de desempenho do algoritmo foi conduzida com duas abordagens: Simulação Histórica e Simulação da Estratégia em Tempo Real em ambiente de teste. Na Simulação Histórica, utilizaram-se dados de Bitcoin em dólar americano (US\$), pois o conjunto de dados disponível estava nessa moeda. A simulação abrangeu um período de 1 ano, entre 2023 e 2024, com granularidade de 30 minutos, e incluiu testes com indicadores individuais (Volume, RSI e MACD), combinações de dois indicadores (MACD e RSI, MACD e Volume, RSI e Volume) e uma combinação tripla (Volume-RSI-MACD).

Na Execução da Estratégia em Tempo Real, realizada ao longo de 10 dias em 2024, as operações foram feitas em Real (R\$), com granularidade de 1 minuto. Durante esse período, cada indicador foi testado individualmente.

### 4.1 Simulações

Na Simulação, testaram-se estratégias de negociação com diferentes combinações de indicadores técnicos, utilizando dados de 20 de maio de 2023 à 20 de maio de 2024, com granularidade de 30 minutos. Durante esse período, o valor do Bitcoin variou significativamente, iniciando em US\$ 26.883,28, atingindo um pico de US\$ 73.577,35, com um mínimo de US\$ 24.914,73, e encerrando em US\$ 66.274,78.

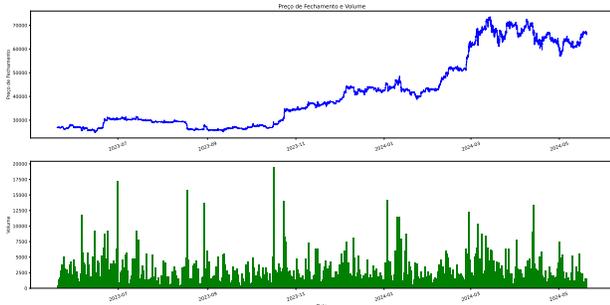
Aplicaram-se três categorias de simulação: estratégias com indicadores individuais (Volume, RSI e MACD), *SuperIndicadores* duplos (RSI-MACD, MACD-Volume e RSI-Volume) e o *SuperIndicador* tripla (Volume-RSI-MACD). Cada simulação utilizou um valor total de US\$ 100, distribuído igualmente entre os indicadores em um terço do valor total. O algoritmo ajustou automaticamente a alocação para garantir que a soma alcançasse 100%, resultando em um dos indicadores recebendo uma leve parcela adicional.

As configurações dos indicadores foram definidas da seguinte forma: o Volume utilizou um período de 125, com um lucro mínimo de 2% para a venda, aplicando um *stop loss* de 10% de desvalorização; o RSI foi configurado com um período de 15, com níveis de

sobrecompra e sobrevenda em sessenta e sete e vinte e sete, respectivamente, e parâmetros de lucro e *stop loss* iguais aos do Volume; o MACD foi ajustado com períodos de treze para a média curta, vinte e seis para a longa e nove para a linha de sinal, aplicando-se as mesmas condições de venda e *stop loss* dos demais indicadores.

**4.1.1 Simulação Individual: Volume**

A Figura 2 contém a evolução do valor do Bitcoin em Dolar e a variação do parâmetro Volume, do qual é utilizado para a estratégia de negociação.

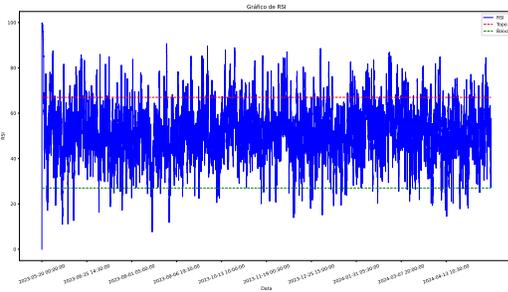


**Figura 2: Simulação Individual - Indicador Volume**

O indicador Volume iniciou a simulação com um valor de US\$ 34,00 e, após quarenta operações (vinte de compra e vinte de venda), finalizou-se com um saldo de US\$ 44,19. Observou-se um desempenho positivo, com um lucro total de US\$ 10,19, correspondendo a um ganho médio de US\$ 0,25 por operação. Durante as operações, obteve-se um somatório das operações com ganho de US\$ 34,03, resultando em um ganho médio de US\$ 1,70 por operação. O somatório das perdas totalizou US\$ -23,84, com uma perda média de US\$ -1,19 por operação. As taxas de negociação totalizaram US\$ 1,71, com uma média de US\$ 0,04 por operação.

**4.1.2 Simulação Individual: RSI**

A Figura 3 apresenta as variações de proporção de compra e venda do ativo Bitcoin, tais variações são utilizadas para a estratégia de compra e venda.



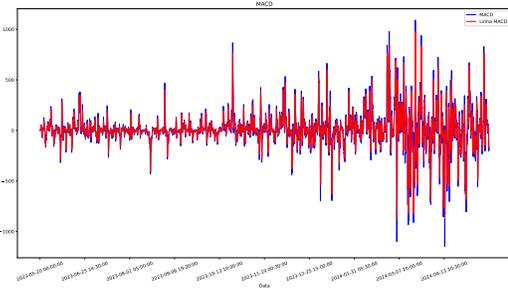
**Figura 3: Simulação Individual - Indicador RSI**

O indicador RSI começou a simulação com US\$ 33,00 e, após sessenta e quatro operações (trinta e duas de compra e trinta e duas de

venda), finalizou-se com um saldo de US\$ 38,24. O indicador obteve um lucro total de US\$ 4,58, representando um ganho médio de US\$ 0,07 por operação. Durante as negociações, registraram-se ganhos totais de US\$ 29,25, com uma média de US\$ 0,91 por operação. O somatório das perdas totalizaram US\$ -24,67, resultando em uma perda média de US\$ -0,77 por operação. As taxas de negociação somaram US\$ 2,24, com um custo médio de US\$ 0,04 por operação.

**4.1.3 Simulação Individual: MACD**

A Figura 4 apresenta as duas curvas suavizadas para serem utilizadas nas estratégias de Negociação.



**Figura 4: Simulação Individual - Indicador MACD**

O indicador MACD iniciou a simulação com US\$ 33,00 e realizou oitenta e seis operações (quarenta e três de compra e quarenta e três de venda), finalizando-se com um saldo de US\$ 40,39. Observou-se um resultado positivo, com um lucro total de US\$ 7,39, representando um ganho médio de US\$ 0,09 por operação. O total de ganhos atingiu US\$ 49,13, com ganhos médios de US\$ 1,14 por operação. As perdas totalizaram US\$ -41,75, com uma perda média de US\$ -0,97 por operação. As taxas de negociação somaram US\$ 3,58, com um custo médio de US\$ 0,04 por operação.

**4.1.4 Resultados Simulação Individual**

A Tabela 1 reúne os resultados das simulações individuais.

**Tabela 1: Resultados das Simulações Individuais**

Indicador	Saldo Inicial	Saldo Final	Operações (Compra/Venda)	Lucro Total	Lucro por Operação	Taxas Totais	Taxas por Operação
Volume	34,00	44,19 (30%)	40 (20/20)	10,19	0,25	1,71	0,04
RSI	33,00	38,24 (16%)	64 (32/32)	4,58	0,07	2,24	0,04
MACD	33,00	40,39 (22%)	86 (43/43)	7,39	0,09	3,58	0,04

A Figura 5, apresentam-se os momentos exatos em que ocorreram as negociações dos indicadores. Ao todo, foram realizadas cento e noventa operações, distribuídas igualmente entre compras e vendas. Dentre os indicadores analisados, o MACD apresentou o maior volume de negociações, totalizando oitenta e seis operações.

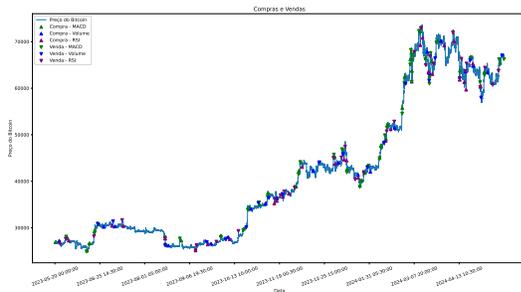


Figura 5: Negociações da simulação individual

Na Figura 6 é possível observar a evolução do patrimônio ao longo do teste, comparando o valor investido com a estratégia de *buy and hold*. A estratégia de *buy and hold* consiste em comprar o ativo e mantê-lo ao longo do tempo de teste, este é um parâmetro utilizado na literatura para avaliar estratégias de negociação.

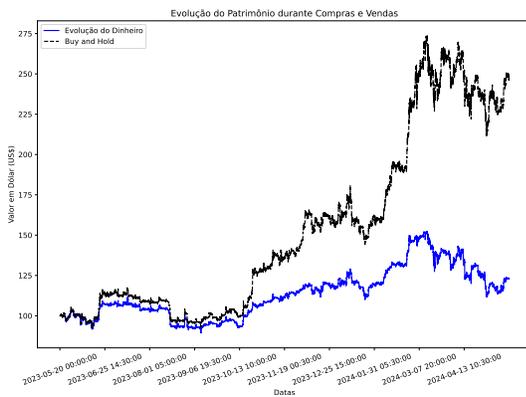


Figura 6: Simulação Individual - Evolução do Patrimônio

Durante o período, os ganhos somaram US\$ 112,41, enquanto as perdas totalizaram US\$ -90,26, além de um total de taxas de US\$ 7,54. Assim, ao final, os indicadores resultaram em retorno de US\$ 122,82, enquanto a estratégia de *buy and hold* alcançou um retorno de US\$ 246,51, considerando-se um investimento inicial de US\$ 100 em ambas as estratégias.

Em relação ao desvio padrão, o desvio da estratégia *buy and hold* foi de 55,55, enquanto o desvio padrão do investimento com indicadores atingiu 15,26. O desvio padrão representa a variação em torno da média dos retornos ao longo do tempo, sendo uma medida de volatilidade. Um desvio padrão mais alto indica uma maior oscilação nos valores, o que pôde ser observado na estratégia de *buy and hold* em comparação com a estratégia baseada em indicadores, que apresentou menor volatilidade.

O *drawdown* reflete a maior queda percentual no valor do investimento a partir de seu ponto máximo, indicando os períodos de maior desvalorização.

Na Figura 7, apresentam-se os momentos de perda acumulada em relação ao pico mais recente do patrimônio (DrawDown). O

maior *drawdown* para a estratégia de *buy and hold* foi de -22,69%, enquanto o maior *drawdown* para o investimento com indicadores foi de -26,62%.

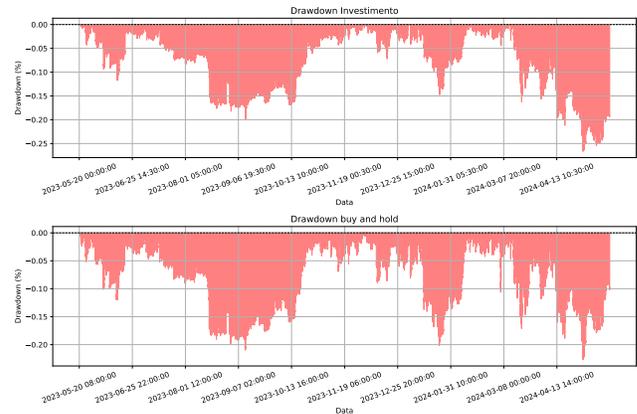


Figura 7: Simulação Individual - Drawdown

Utilizando os três indicadores simultaneamente e distribuindo o patrimônio entre as estratégias, é observado que o desvio padrão das estratégias utilizando indicadores financeiros é inferior ao *buy and hold*. Oscilações menores ajudam investidores a passar por oscilações de mercado.

A simulação utilizando os três indicadores individualmente, apresenta ao longo do tempo um comportamento superior ao *buy and hold* em relação ao parâmetro *drawdown*, contudo ao final da série do histórico fez com que o uso separadamente dos três indicadores apresentasse um resultado pior.

#### 4.1.5 Simulação Dupla: MACD-Volume

O *SuperIndicador* MACD-Volume iniciou-se com um saldo de US\$ 33,00 e, ao final, alcançou um saldo de US\$ 44,19, com quatorze operações de compra e quatorze de venda. Durante o período, obteve-se um lucro total de US\$ 11,19, com um lucro médio de US\$ 0,40 por operação. Os ganhos acumulados somaram US\$ 32,22, enquanto as perdas totalizaram US\$ -21,03, resultando em uma média de ganho de US\$ 2,30 por operação e uma média de perda de US\$ -1,50 por operação. As taxas operacionais totalizaram US\$ 1,20, com um custo médio de US\$ 0,04 por operação.

#### 4.1.6 Simulação Dupla: MACD-RSI

MACD-RSI iniciou-se com um saldo de US\$ 34,00 e terminou com US\$ 34,47, após três operações de compra e três de venda. Ao longo das operações, registrou-se uma leve perda total de US\$ 0,20, equivalente a um prejuízo médio de US\$ 0,03 por operação. Os ganhos acumulados somaram US\$ 4,17, enquanto as perdas totalizaram US\$ -4,37, com uma média de ganho de US\$ 1,39 por operação e uma média de perda de US\$ -1,46 por operação. As taxas operacionais atingiram US\$ 0,22, com um custo médio de US\$ 0,04 por operação.

#### 4.1.7 Simulação Dupla: RSI-Volume

O *SuperIndicador* RSI-Volume iniciou-se com um saldo de US\$ 33,00 e finalizou com US\$ 39,73, após oito operações de compra e oito

de venda. Durante o período, registrou-se um lucro total de US\$ 6,73, representando um ganho médio de US\$ 0,42 por operação. Os ganhos acumulados somaram US\$ 18,09, enquanto as perdas atingiram US\$ -11,36, com uma média de ganho de US\$ 2,26 por operação e uma média de perda de US\$ -1,42 por operação. As taxas operacionais totalizaram US\$ 0,67, com um custo médio de US\$ 0,04 por operação.

#### 4.1.8 Resultados Simulação Dupla

A Tabela 2 reúne os resultados das simulações duplas.

**Tabela 2: Resultados da Simulação Dupla**

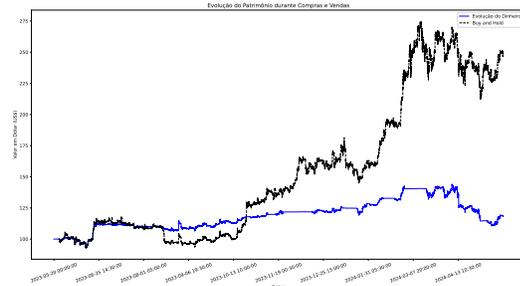
Indicador	Saldo Inicial	Saldo Final	Operações (Compra/Venda)	Lucro Total	Lucro por Operação	Taxas Totais	Taxas por Operação
MACD-Volume	33,00	44,19 (34%)	28 (14/14)	11,19	0,40	1,20	0,04
MACD-RSI	34,00	34,47 (1%)	6 (3/3)	-0,20	-0,03	0,22	0,04
RSI-Volume	33,00	39,73 (20%)	16 (8/8)	6,73	0,42	0,67	0,04

Na Figura 8, destacam-se os momentos exatos em que ocorrem as negociações dos *SuperIndicadores*. Realizaram-se cinquenta operações, sendo vinte e cinco de compra e vinte e cinco de venda.



**Figura 8: Negociações da simulação dupla**

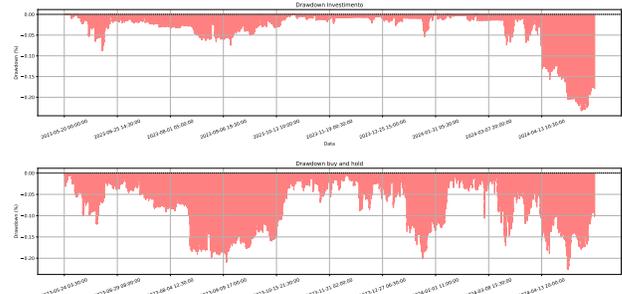
A Figura 9 apresenta a evolução do patrimônio ao longo do teste. Ambos os métodos iniciaram-se com um valor de US\$ 100; ao final do período, o dinheiro investido alcançou US\$ 118,38, enquanto o *buy and hold* terminou em US\$ 247,42. A linha azul ilustra a variação do valor do investimento com base nas operações realizadas, enquanto o *buy and hold* permaneceu em crescimento constante.



**Figura 9: Simulação Dupla - Evolução do Patrimônio**

O desvio padrão dos valores ao longo do teste também está representado, auxiliando na compreensão da volatilidade dos métodos. Observou-se que o desvio padrão do *buy and hold* foi de 55,78, indicando maior variação nos valores ao longo do tempo, enquanto o desvio padrão do investimento ativo foi de 11,35, apontando para um comportamento mais estável e com menos oscilação. Esse resultado sugere que o investimento ativo apresentou maior consistência, enquanto o *buy and hold* demonstrou flutuações mais amplas, com potencial para retornos mais elevados, mas também maior exposição a riscos.

Por fim, o gráfico de *drawdown* exibe as perdas máximas em relação aos picos anteriores tanto para o valor investido quanto para o *buy and hold*. O maior *drawdown* do *buy and hold* foi de aproximadamente -22,69%, enquanto o maior *drawdown* do valor investido foi de cerca de -23,30%. Esses valores de *drawdown* refletem a perda de valor em cada método no pior momento, indicando a exposição ao risco e as oscilações mais intensas observadas durante o período de teste.



**Figura 10: Simulação Dupla - Drawdown**

#### 4.1.9 Simulação Tripla

Observou-se que o desempenho do *SuperIndicador* tripla (Volume-RSI-MACD) na simulação foi positivo, com um saldo inicial de US\$ 100 e um saldo final de US\$ 115,59. Realizaram-se vinte e três operações de compra e vinte e três de venda, gerando um lucro de US\$ 15,59, equivalente a aproximadamente US\$ 0,34 por operação. Os ganhos totalizaram US\$ 77,24, enquanto as perdas atingiram US\$ 61,65, correspondendo a uma média de ganho de US\$ 3,36 por operação e uma média de perda de US\$ 2,68. As taxas totais associadas às negociações foram de US\$ 5,60, resultando em um custo médio de US\$ 0,12 por operação.

#### 4.1.10 Resultados Simulação Tripla

A Tabela 3 reúne os resultados da simulação tripla.

**Tabela 3: Resultados da Simulação Tripla**

Indicador	Saldo Inicial	Saldo Final	Operações (Compra/Venda)	Lucro Total	Lucro por Operação	Taxas Totais	Taxas por Operação
Volume-RSI-MACD	100,00	115,59 (15,59%)	46 (23/23)	15,59	0,34	5,60	0,12

Gráfico de negociações do *SuperIndicador* Tripla.

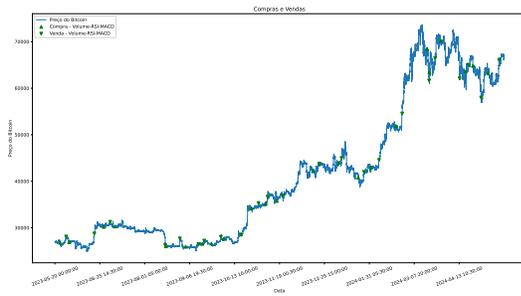


Figura 11: Negociações da simulação tripla

Na Figura 12 é possível observar a evolução do patrimônio ao longo do teste, com duas linhas principais: a linha azul representa o dinheiro investido seguindo o método do *SuperIndicador*, enquanto a linha preta pontilhada ilustra o desempenho do *buy and hold*, utilizado como referência para comparação. Ambos os métodos iniciaram-se com um valor de US\$ 100; ao final, o investimento utilizando o *SuperIndicador* acumulou US\$ 115,59, enquanto o *buy and hold* encerrou com US\$ 247,42, indicando um crescimento superior para o *buy and hold* ao longo do período.

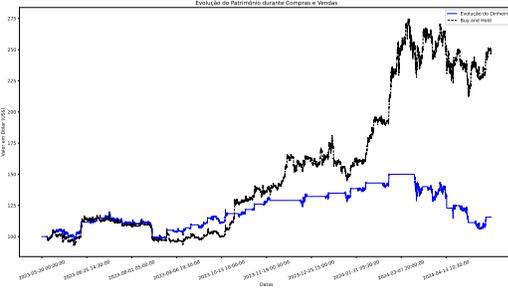


Figura 12: Simulação Tripla - Evolução do Patrimônio

A análise de volatilidade, medida pelo desvio padrão, evidencia que o *buy and hold* apresentou um desvio de 55,78, refletindo maior oscilação nos valores ao longo do tempo. Em comparação, o desvio padrão do investimento realizado com o *SuperIndicador* foi de 14,50, indicando menor volatilidade. O total de ganhos acumulados com o método *SuperIndicador* foi de US\$ 77,24, com perdas totais de US\$ 61,65, resultando em um lucro moderado, apesar das taxas de operação de US\$ 5,60.

O gráfico de *drawdown* apresenta as quedas mais acentuadas de ambos os métodos. O maior *drawdown* registrado para o *buy and hold* foi de 22%, enquanto o método de investimento pelo *SuperIndicador* registrou uma queda máxima de 29%.

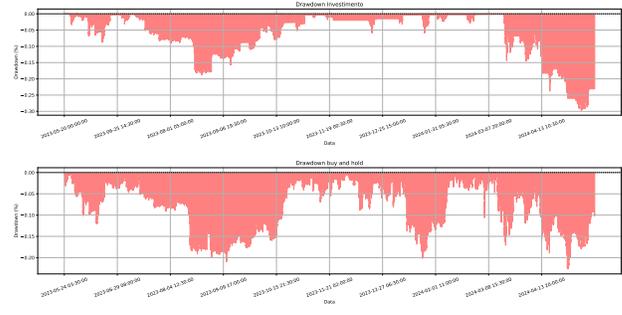


Figura 13: Simulação Tripla - Drawdown

## 4.2 Estratégia em Tempo Real

A execução da estratégia em tempo real ocorreu de 06/10/2024 a 16/10/2024, com uma granularidade de 1 minuto, testando-se os indicadores individualmente. Para garantir eficiência nas análises, os indicadores foram calibrados utilizando-se os últimos 500 minutos de dados do Bitcoin, antes do início das operações. Durante o período de teste, o Bitcoin apresentou variações significativas, iniciando em R\$ 344.981,00, alcançando um pico de R\$ 386.208,00, atingindo um mínimo de R\$ 331.242,00 e encerrando o teste em R\$ 382.708,00.

As configurações dos indicadores foram definidas da seguinte forma: o Volume recebeu 33% do valor total, com um período de análise de 125 minutos. A estratégia exigia um lucro mínimo de 2% para a venda e um *stop loss* de 2% de desvalorização. O RSI também recebeu 33% do valor total, com um período de 60 minutos. Os níveis de sobrecompra e sobrevenda foram definidos em sessenta e sete e vinte e sete, respectivamente. As regras de lucro e *stop loss* foram mantidas em 2%. O MACD recebeu 33% do valor total, utilizando períodos de 13 e 26 minutos para as médias móveis curta e longa, respectivamente, e 9 minutos para a linha de sinal. Aplicaram-se as mesmas regras de lucro e *stop loss* de 2%.

O valor total investido foi de R\$ 100, distribuído igualmente entre os três indicadores, com cada um recebendo inicialmente 33%. No entanto, o algoritmo ajustou automaticamente as porcentagens para 100%, resultando em uma pequena vantagem de valor para o indicador Volume.

### 4.2.1 Estratégia em Tempo Real: Volume

Iniciou-se o indicador Volume com um saldo de R\$ 34,00 e, após uma série de operações, alcançou-se um saldo final de R\$ 36,87. Foram realizadas 13 operações no total, sendo 7 de compra e 6 de venda, gerando um lucro acumulado de R\$ 2,42, com um ganho médio de R\$ 0,19 por operação. O somatório dos ganhos chegou a R\$ 3,70, enquanto as perdas totalizaram R\$ -1,28, resultando em ganhos médios de R\$ 0,62 e perdas médias de R\$ -0,21 por operação. As taxas de negociação somaram R\$ 0,41, ou R\$ 0,03 por operação.

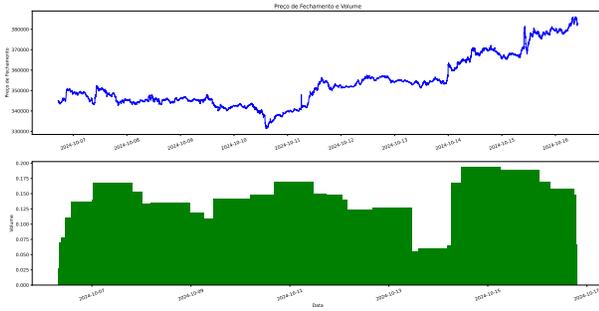


Figura 14: Estratégia em Tempo Real - Indicador Volume

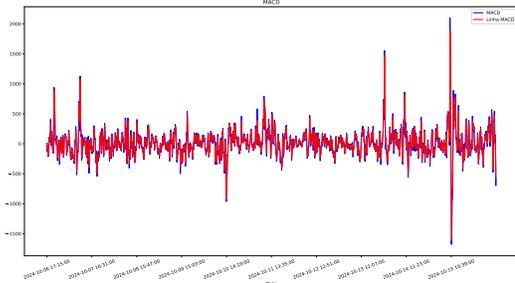


Figura 16: Estratégia em Tempo Real - Indicador MACD

### 4.2.2 Estratégia em Tempo Real: RSI

O indicador RSI iniciou-se com R\$ 33,00 e finalizou com um saldo de R\$ 34,41 após realizar 4 operações, das quais 2 foram de compra e 2 de venda. Obteve-se um lucro total de R\$ 1,41, com lucro médio de R\$ 0,35 por operação, e um somatório de ganhos de R\$ 1,41, sem registrar perdas ao longo das operações. As taxas de negociação totalizaram R\$ 0,13, com custo médio de R\$ 0,03 por operação, contribuindo para a performance geral do indicador.

### 4.2.4 Resultados Estratégia em Tempo Real

A Tabela 4 reúne os resultados das simulações individuais executadas em tempo real.

Tabela 4: Resultados Estratégia em Tempo Real

Indicador	Saldo Inicial	Saldo Final	Operações (Compra/Venda)	Lucro Total	Lucro por Operação	Taxas Totais	Taxas por Operação
Volume	34,00	36,87 (8%)	13 (7/6)	2,42	0,19	0,41	0,03
RSI	33,00	34,41 (4%)	4 (2/2)	1,41	0,35	0,13	0,03
MACD	33,00	36,16 (10%)	11 (6/5)	2,73	0,25	0,35	0,03

A Figura 17, apresenta os momentos exatos das negociações dos indicadores na estratégia em tempo real. Realizaram-se, ao todo, 28 operações, sendo 15 de compra e 13 de venda. Entre os indicadores analisados, o Volume apresentou o maior número de operações, com 7 compras e 6 vendas. O MACD registrou 6 compras e 5 vendas, enquanto o RSI mostrou a menor frequência de operações, com 2 compras e 2 vendas.

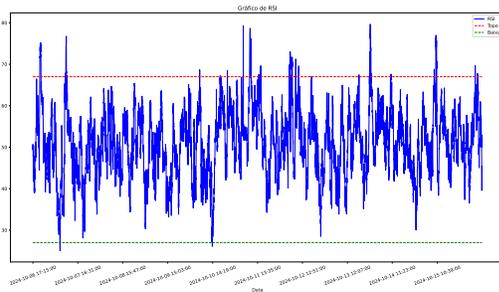


Figura 15: Estratégia em Tempo Real - Indicador RSI

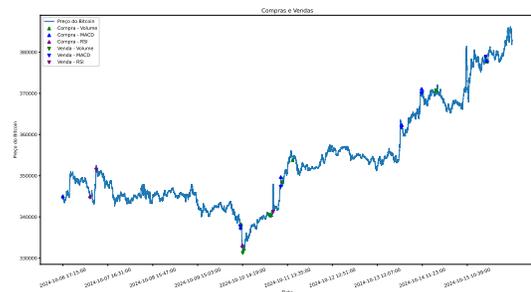
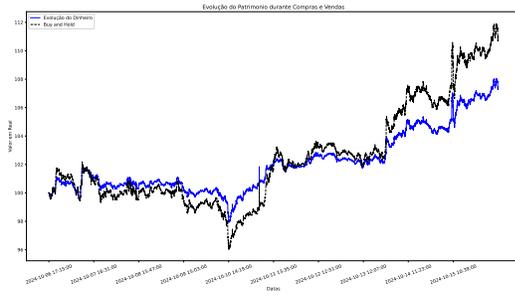


Figura 17: Negociações na Estratégia em Tempo Real

### 4.2.3 Estratégia em Tempo Real: MACD

O indicador MACD iniciou-se com R\$ 33,00 e fechou com um saldo de R\$ 36,16 após 11 operações, das quais 6 foram de compra e 5 de venda. O lucro total foi de R\$ 2,73, com ganho médio de R\$ 0,25 por operação. O somatório dos ganhos alcançou R\$ 3,38, enquanto as perdas ficaram em R\$ -0,65, resultando em ganhos médios de R\$ 0,68 e perdas médias de R\$ -0,13 por operação. As taxas de operação totalizaram R\$ 0,35, correspondendo a um custo médio de R\$ 0,03 por operação.

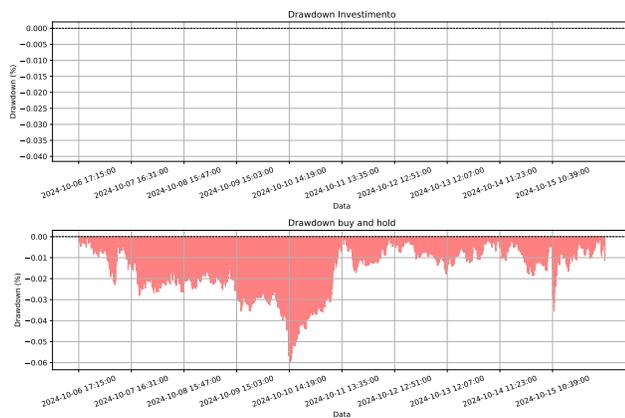
Na Figura 18, observa-se a evolução do patrimônio ao longo do teste. Mostra-se a linha azul, que representa o saldo acumulado das operações, enquanto a linha preta pontilhada indica o desempenho do *buy and hold*, utilizado apenas como referência comparativa. Ambos iniciaram com um valor de R\$ 100; ao final do período de teste, o saldo investido atingiu R\$ 107,43, enquanto o *buy and hold* alcançou R\$ 110,94. A análise dos resultados até 16/10/2024 indica que a estratégia acumulou ganhos de R\$ 8,49, registrou perdas de R\$ -1,93 e apresentou custos com taxas operacionais de R\$ 0,90.



**Figura 18: Estratégia em Tempo Real - Evolução do Patrimônio**

O desvio padrão do *buy and hold* foi de 3,51, enquanto o desvio padrão do investimento foi de 2,15. Um desvio padrão maior indica maior variabilidade nos retornos e, conseqüentemente, risco mais elevado associado à estratégia.

Além disso, A Figura 19 compara o *drawdown* nos valores do valor investido e do *buy and hold*. Observa-se que o maior *drawdown* do *buy and hold* foi de -6,04%, enquanto o valor investido apresentou um *drawdown* máximo de -3,96%. Esses valores sugerem que o *buy and hold* passou por uma variação negativa maior ao longo do período, enquanto a estratégia de investimento conseguiu limitar as quedas em relação ao seu valor de pico.



**Figura 19: Estratégia em Tempo Real - Drawdown**

## 5 Conclusão

Este trabalho foi proposto para desenvolver e avaliar um algoritmo que utiliza indicadores financeiros para analisar o mercado de Bitcoin e tomar decisões baseadas em dados e lógica, minimizando a influência de vieses emocionais e sentimentais que frequentemente alteram a percepção dos investidores. Realizaram-se os testes de desempenho do algoritmo com duas abordagens: Simulação Histórica e Execução da Estratégia em Tempo Real em ambiente de teste.

Todos os testes foram bem-sucedidos em termos de funcionamento, nenhum apresentou erro, e todos seguiram o processo completo de forma lógica, alcançando o objetivo principal de eliminar

o viés emocional na tomada de decisão. Mesmo com retornos menores comparados à estratégia de *buy and hold*, que serve apenas como base de comparação, observa-se que a evolução patrimonial do algoritmo apresentou menor volatilidade em certos pontos, o que indica uma abordagem mais estável e controlada.

Adicionalmente, todos os indicadores geraram resultados positivos, tanto nas simulações históricas quanto na execução em tempo real, resultado favorecido pela possibilidade de configuração de cada indicador de acordo com suas características e o tempo de execução. As configurações dos indicadores variaram entre os dois modos de teste, permitindo uma adaptação do algoritmo para aumentar o desempenho em diferentes cenários.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se o desenvolvimento de uma *interface web* que simplifique a simulação e execução em tempo real, visando facilitar o acesso para pessoas sem experiência em programação. Outra proposta é executar indicadores financeiros para montar carteiras (portifólios) de ativos em criptomoedas diversificadas, visando investir em vários ativos simultaneamente.

## Referências

- [1] Alberto Antonio Agudelo Aguirre, Ricardo Alfredo Rojas Medina, and Néstor Dario Duque Méndez. 2020. Machine learning applied in the stock market through the Moving Average Convergence Divergence (MACD) indicator. *Investment Management & Financial Innovations* 17, 4 (2020), 44.
- [2] Ahmet Faruk Aysan, Hüseyin Bedir Demirtaş, and Mustafa Saraç. 2021. The ascent of bitcoin: Bibliometric analysis of bitcoin research. *Journal of Risk and Financial Management* 14, 9 (2021), 427.
- [3] CVM. 2020. *Viéses do Investidor: Volume 1*. <https://www.gov.br/investidor/pt-br/educacional/publicacoes-educacionais/cvm-comportamental/volume-1-vieses-do-investidor.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2024.
- [4] CVM. 2022. Guia CVM Suitability: Dever de verificação da adequação dos produtos, serviços e operações ao perfil do investidor. <https://www.gov.br/investidor/pt-br/educacional/publicacoes-educacionais/guias/guia-de-suitability-lancamento>. Acesso em: 12 ago. 2024.
- [5] EXAME. 2024. *Gestora Bernstein projeta que mercado cripto vai saltar para US\$ 7,5 trilhões até 2025*. <https://exame.com/future-of-money/bernstein-mercado-cripto-saltar-us-75-trilhoes-2025/>. Acesso em: 12 ago. 2024.
- [6] Rohnn Sanderson and Nancy L. Lumpkin-Sowers. 2018. Buy and Hold in the New Age of Stock Market Volatility: A Story about ETFs. *International Journal of Financial Studies* 6, 3 (2018). <https://doi.org/10.3390/ijfs6030079>
- [7] Adrian Țăran-Moroșan. 2011. The relative strength index revisited. *African Journal of Business Management* 5, 14 (2011), 5855–5862.
- [8] William Wai Him Tsang, Terence Tai Leung Chong, et al. 2009. Profitability of the on-balance volume indicator. *Economics Bulletin* 29, 3 (2009), 2424–2431.