

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
UFGD

**Predição de Séries Temporais Aplicada ao mercado de Ações
Utilizando Regressão Linear**

Autor(a): Andressa Antunes Steffen
Orientador: Prof.Dr. Willian Paraguassu Amorim

Dourados
Mato Grosso do Sul
Novembro- 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
UFGD

**Predição de Séries Temporais Aplicadas ao mercado de Ações
Utilizando Regressão Linear**

Autor(a): Andressa Antunes Steffen
Orientador: Prof. Dr. Willian Paraguassu Amorim

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de computação, Faculdade de Ciências Exatas e suas Tecnologias, Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados
Mato Grosso do Sul
Novembro-2021

Resumo

O mercado financeiro e a geração de renda por meio dele são um dos principais assuntos da atualidade. Formas de aumentar a qualidade na previsão de alta ou baixa no mercado financeiro, e um dos principais objetivos buscados por aqueles que desejam obter algum sucesso em seus investimentos. Técnicas usando inteligência artificial e modelos matemáticos no campo de trader quantitativo, são atualmente, as formas mais eficientes de se alcançar resultados satisfatórios. Neste trabalho, serão apresentados estudos referentes ao trader quantitativo relacionado ao direcionamento da Regressão Linear e a sua eficiência para com o mercado financeiro.

Palavras-chave: Regressão Linear, mercado de ações, séries temporais, previsão.

Abstract

The financial market and the generation of income through it is one of the main topics of our time. Ways to increase the quality of forecasting a high or low in the financial market is one of the main goals pursued by those who wish to achieve some success in their investments. Techniques using artificial intelligence and mathematical models in the field of quantitative trader are currently the most efficient ways to achieve satisfactory results. In this work, studies referring to the quantitative trader related to the direction of the Linear Regression and its efficiency in the financial market will be presented.

Keywords: Linear regression, stock market, time series, forecast.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

AVALIAÇÃO DE PROJETO DE TCC OU TCC

TÍTULO DO TRABALHO: Predição de séries temporais aplicada ao mercado de ações utilizando Regressão Linear

NOME DO(S) ESTUDANTE(S): Andressa Antunes Steffen

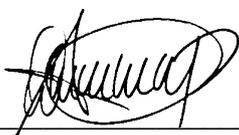
ORIENTADOR: Prof. Dr. Willian P. Amorim

CO-ORIENTADOR(A):

DATA DA APRESENTAÇÃO: 10/11/2021

HORÁRIO: 08hs

AVALIAÇÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA:

<input type="checkbox"/> Trabalho de Conclusão de Curso I	<input checked="" type="checkbox"/> Trabalho de Conclusão de Curso II
Presidente: Prof. Dr. Willian P. Amorim	
Assinatura: 	
Membro 1: Prof. Me. Anderson Bessa da Costa	
Assinatura: 	
Membro 2: Prof. Me. Claudia Regina Tinós Peviani	
Assinatura: 	
Resultado:	<input type="checkbox"/> Aprovado <input checked="" type="checkbox"/> Aprovado condicionado a modificações (especificar no campo observações) <input type="checkbox"/> Reprovado

Observaçõesⁱ:

Eu, Andressa Antunes Steffen, Orientador Prof. Dr. Willian P. Amorim, e Coordenador do Curso Prof. Dr. Marcos Paulo Moro, declaramos para os devidos fins que estamos de acordo com a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso, seja no formato remoto usando Google Meet, e que a mesma será gravada.

Andressa A. Steffen

Estudante 1 (assinatura)

Estudante 2 (assinatura)

Coordenador(a)

Bacharelado em Engenharia da Computação

ⁱ Conforme **RESOLUÇÃO NÚMERO 106 de 29/06/2020 - Art. 5º** As defesas de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) deverão ocorrer por meio remoto (Google Meet, Skype, Zoom, entre outros) quando houver concordância, por escrito, entre a coordenação de curso, o docente orientador e o estudante.

Predição de séries temporais aplicada ao mercado de ações utilizando Regressão Linear

Andressa Antunes Steffen, Willian Paraguassu Amorim

¹Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias (FACET)
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
Caixa Postal 364 – 79.804-970 – Dourados – MS – Brasil

{andressasteffen1@gmail.com, WillianAmorim@ufgd.edu.br}

Abstract. *The financial market and the generation of income through it is one of the main topics of our time. Ways to increase the quality of forecasting a high or low in the financial market is one of the main goals pursued by those who wish to achieve some success in their investments. Techniques using artificial intelligence and mathematical models in the field of quantitative trader are currently the most efficient ways to achieve satisfactory results. In this work, studies referring to the quantitative trader related to the direction of the Linear Regression and its efficiency in the financial market will be presented.*

Resumo. *O mercado financeiro e a geração de renda por meio dele são um dos principais assuntos da atualidade. Formas de aumentar a qualidade na previsão de alta ou baixa no mercado financeiro, é um dos principais objetivos buscados por aqueles que desejam obter algum êxito em seus investimentos. Técnicas usando inteligência artificial e modelos matemáticos no campo de trader quantitativo, são atualmente, as formas mais eficientes de se alcançar resultados satisfatórios. Neste trabalho, serão apresentados estudos referentes ao trader quantitativo relacionado ao direcionamento da Regressão Linear e a sua eficiência para com o mercado financeiro.*

1. Introdução

O mercado financeiro, sempre despertou um interesse extraordinário. Desde sua primeira negociação, o desejo de todos é adquirir o conhecimento da fórmula mágica que explicaria os movimentos dos ativos, de forma a desenvolver a capacidade de se antecipar, tomando decisões corretas, em momentos oportunos, esquivando-se dos perigos e se aproveitando das oportunidades de retorno rápido. Prever o comportamento do mercado financeiro sempre atraiu o interesse daqueles que se arriscam a investir, e a negociação manual traz uma série de dificuldades para os investidores (Tavares et al. 2018). Com isso, o desenvolvimento de ferramentas e modelos que, de certa forma, consigam auxiliar o processo de tomada de decisão, são um forte aliado a experiência e ao conhecimento do investidor no processo de alocação do capital.

Nos últimos cinco anos, os juros baixos dos investimentos no mercado financeiro têm incentivado a entrada de novos investidores e, apesar da alta volatilidade do mercado, tem buscado cada vez mais ativos de risco que podem vir a gerar altos lucros enquanto que investimentos conservadores trazem lucros muito baixos. Segundo (Santiago 2019) Para muitas pessoas os movimentos de alta e baixa no mercado são misteriosos sendo

bastante influenciados por notícias muitas vezes influenciados por notícias que ocorrem de maneira inesperada. Portanto, buscando diminuir a perda de lucro e a diminuição de “previsões” errôneas a respeito da movimentação do mercado, os investidores tem buscado técnicas para diminuir as chances de fracasso, deixando a abordagem de mercado o mais sistemática possível, fugindo da subjetividade e eliminando a contaminação emocional de medo e euforia (Bisi 2009).

Existem na literatura diversas estratégias de análise, entre elas: análise fundamentalista, análise técnica e trader quantitativo. A análise fundamentalista consiste na avaliação de uma empresa de acordo com sua situação financeira, mercadológica e até mesmo política. A análise técnica ou grafista vai para o outro lado e estuda os mercados a partir da evolução dos gráficos de preço dos diversos ativos ao longo do tempo, nos quais se identificam padrões que tendem a se repetir (Cerbasi 2020).

Uma das técnicas que vem chamado atenção, é o Trader Quantitativo. Consiste basicamente, na compra e venda de títulos utilizando análises computacionais e inteligência artificial para encontrar oportunidades lucrativas. Esta busca é feita através de algoritmos focados na coleta de dados, que são capazes de aplicar informações coletadas em modelos matemáticos específicos, apontando quais são ativos que possuem mais chance de lucros no futuro.

Neste trabalho, propomos uma estratégia de negociação no campo de trader quantitativo, usando regressão linear e sua respectiva de direção para guiar oportunidades de forte tendência tanto na compra ou venda de ativos. Sua principal vantagem tem sido fornece uma rápida análise e detecção de forte movimento garantindo resultados superiores a operações como *buy and hold*. A Estratégia *buy and hold*, consiste em comprar ações e mantê-las por um determinado período, já que a longo prazo os mercados financeiros tendem a ter uma boa taxa de retorno mesmo considerando as características de volatilidade dos períodos de curto prazo e considerada uma boa estratégia em mercados em ascensão (Neves 2019), (Lohpetch and Corne 2010), (Cohen and Cabiri 2015).

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção II apresenta a definição de Regressão linear e a proposta utilizada (LRS). A Seção III descreve detalhes sobre os experimentos e a Seção IV apresentamos os resultados e as análises. Por fim, a Seção IV apresenta as conclusões e apontamentos para trabalhos futuros.

2. Regressão linear

A ciência estatística possui muitas técnicas de análise de dados. Uma delas é conhecida como análise de regressão. Segundo (Maroco 2007) análise de regressão define um conjunto vasto de técnicas estatísticas usadas para modelar relações entre variáveis e prever o valor de uma ou mais variáveis dependentes (ou de resposta) a partir de um conjunto de variáveis independentes (ou predictoras).

A análise de regressão avalia a amplitude da variação em uma variável, decorrente da variação em outra variável. Quando consideramos os efeitos de duas ou mais variáveis independentes sobre uma variável dependente, utilizamos a análise de regressão múltipla (Ramos 2020). Portanto, uma única variável independente (geralmente a mais importante) sobre uma variável dependente, chamamos de regressão linear simples. Com isso, o número de variáveis independentes que se modifica, indica o uso de uma regressão

simples ou uma regressão múltipla. Para nossa proposta, vamos abordar apenas regressão linear simples.

Um modelo de regressão simples inclui somente duas variáveis: uma independente e uma dependente. A variável dependente é aquela que está sendo explicada, enquanto a variável independente é aquela que é utilizada para explicar a variação na variável dependente. Um modelo de regressão linear é uma equação matemática que fornece uma relação linear, ou seja, de linha reta entre duas variáveis, comumente chamada de \mathcal{X} e \mathcal{Y} .

$$\mathcal{Y} = \mathcal{A} + \beta\mathcal{X} \quad (1)$$

De acordo com (Henriques 2011), \mathcal{Y} variável dependente, \mathcal{X} é a variável independente, \mathcal{A} corresponde à interseção da reta de regressão com o eixo \mathcal{Y} e β a inclinação da reta de regressão (coeficiente angular). De forma mais detalhada, intercepto ou coeficiente linear (\mathcal{A}) é utilizado para representar o ponto em que a reta da regressão corta o eixo \mathcal{Y} quando $\mathcal{X} = 0$. Já o parâmetro (β), conhecido como coeficiente de regressão ou coeficiente angular, representa a inclinação da reta. Assim, a inclinação ou coeficiente de regressão (β) mede a direção ou magnitude da relação, de forma que se as duas variáveis estão correlacionadas positivamente, a inclinação será positiva e vice-versa. A interpretação geométrica dos coeficientes podem ser vistos na Figura 1.

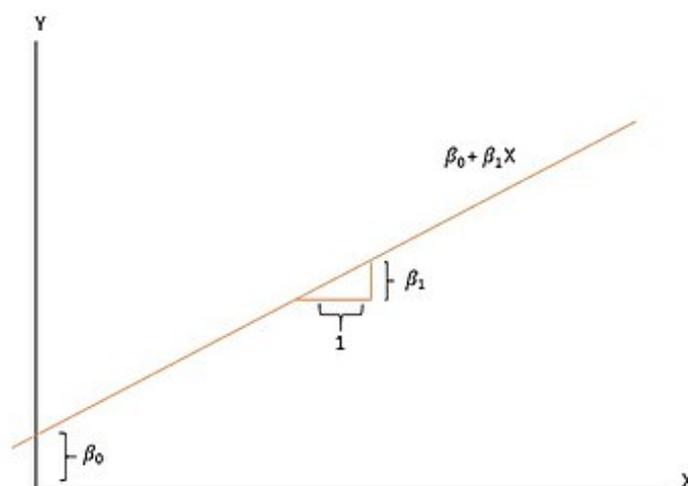


Figure 1. Gráfico de Regressão Linear

Basicamente, nossa proposta está em usar a inclinação da regressão linear (β) para apresentar a direção de forte tendência do mercado financeiro, a qual iremos chamar de LRS. A Figura 2, apresenta um exemplo de aplicação, considerando uma janela de regressão de 40 períodos anteriores sobre o preço de fechamento no gráfico diário usando candles¹. A parte superior apresenta a movimentação de uma companhia em comportamento diário, e o gráfico de linha abaixo, o comportamento de inclinação do período

¹O candle representa graficamente a variação de preços de um determinado ativo em uma unidade de tempo.

analisado. A análise pode ser feita, considerando o valor da inclinação (β) acima de 0, como forte tendência de alta, e valor de inclinação (β) abaixo de 0, com forte tendência de baixa.



Figure 2. Exemplo de aplicação da proposta LRS.

3. Experimentos

Nesta sessão será apresentada a metodologia criada para validação da proposta apresentada neste artigo. Para se atingir os objetivos propostos e testar as hipóteses formuladas, organizamos os experimentos da seguinte forma: Primeiramente foram selecionadas quinze ações do mercado dos mais diversos setores sendo eles petrolífero, mineração, aéreo, entre outros. Após a seleção das ações serem concluídas, houve a utilização da ferramenta MetaTrader 5² para a geração do gráfico de candle para cada empresa. Nestes experimentos foram feitas análises da curva de capital dos últimos 10 anos (2011-2021) e a curva de capital do último ano (2020-2021) com o objetivo de avaliar a técnica de Regressão Linear em um longo prazo de operações comparado a um curto prazo de operações.

Para testar a eficácia da proposta deste artigo, iremos comparar nossos resultados com a técnica de Buy and Hold, que pode ser definido como a compra e venda de ações a longo prazo. Deve-se considerar que para este experimento, no período de dez anos, as ações foram compradas em 2011 e vendidas apenas em 2021. Deste modo, será possível comparar os ganhos na previsão da técnica de Buy and Hold e da técnica de Regressão linear (LRS).

Em nossa proposta LRS, usamos o período \mathcal{P} de quarenta dias anteriores de movimentação. Ou seja, a partir do dia atual, para identificar a previsão do dia seguinte, aplicamos LRS sobre os \mathcal{P} dias anteriores fixos. Caso o valor da LRS apresente valor positivo, a LRS entende que o mercado está em tendência de alta e realiza a compra da

²<https://www.metatrader5.com/>

ação. A ação mantém-se comprada até que a LRS detecte um valor de (β) negativo e então, a mesma orienta a venda.

Portanto, à medida que o ativo se encontra em estado de compra, e o cálculo de LRS identifica que as ações estão em queda, o sistema efetiva uma venda, fechando a compra ativa, e armazena o acumulado obtido para a próxima operação de compra. Este acumulado consiste em: dado um capital ξ de recurso a cada operação é feito um ajuste sobre este capital ou seja, se a operação for positiva e houve valorização então, esta valorização é dado sobre este capital. A compra de ações é feita sempre com base no último valor de capital fornecido. Já na técnica de Buy and Hold a partir que a compra é realizada (início do histórico), só é possível saber se houve valorização da ação quando é feita a venda definitiva (final do histórico).

3.1. Resultados e Análises

Nesta seção, serão apresentados os resultados e análises da proposta LRS comparada com a estratégia buy and hold, avaliando dois cenários: (i) período de dez anos e (ii) período de um ano. A Figura 3(a)–(r) estão as movimentações do período de um ano (2020-2021) e da Figura 4(a)–(r) estão as movimentações do período de dez anos (2011-2021).

Com base nos gráficos é possível observar que a proposta LRS comparada com a técnica de Buy and Hold superou as expectativas. Com base na Figura 3(h) da PETR4, é possível verificar uma precisão de 100% na análise de um ano (2020-2021) com uma valorização de 70% enquanto que a técnica de Buy and Hold houve uma valorização de apenas 20% .

Importante destacar que a diferença entre de valorização nas ações no período de um ano se deve principalmente ao *Circuit Breaker* causado pela pandemia de Covid- 19. O *Circuit Breaker* é um mecanismo que permite que, caso ocorram movimentos bruscos de mercado, haja amortecimento e o balanceamento das ordens de compra e venda. A técnica de Regressão linear realizou a venda dessas ações assim que detectou a desvalorização e só voltou a comprá-la quando identificou tendências de alta enquanto que, na técnica de Buy and Hold a ação permaneceu comprada sendo afetada drasticamente por este período.

Como exemplo do impacto do *Circuit Breaker* pode ser visto no exemplo da MGLU3 (Figura 4(n)) que, no período de dez anos teve uma valorização de 6326.34% e no período de um ano, utilizando a técnica de Regressão linear (LRS), a valorização foi de apenas 50,22% enquanto que, na técnica de Buy and Hold, de 89%.

Apesar de ser uma técnica simples, e de rápido acesso, os resultados apresentaram resultados satisfatórios superando até mesmo as expectativas iniciais. A técnica LRS mostrou-se uma grande aliada do investidor na tomada de decisões dentro do mercado financeiro e uma ótima forma de substituir a técnica de Buy and Hold visto que, a técnica de LRS irá pode detectar melhores e mais oportunidade, podendo conquistar um ganho superior.

4. Conclusão

Neste trabalho foi apresentado uma proposta chamada LRS (*Linear Regression Slopy*) que utiliza a inclinação da regressão linear tendo como base o preço de fechamento para fazer a predição de compra e venda de ações. Foram utilizadas 15 ações de diversos setores e realizamos uma avaliação do impacto na previsão comparado a técnica de Buy and Hold.

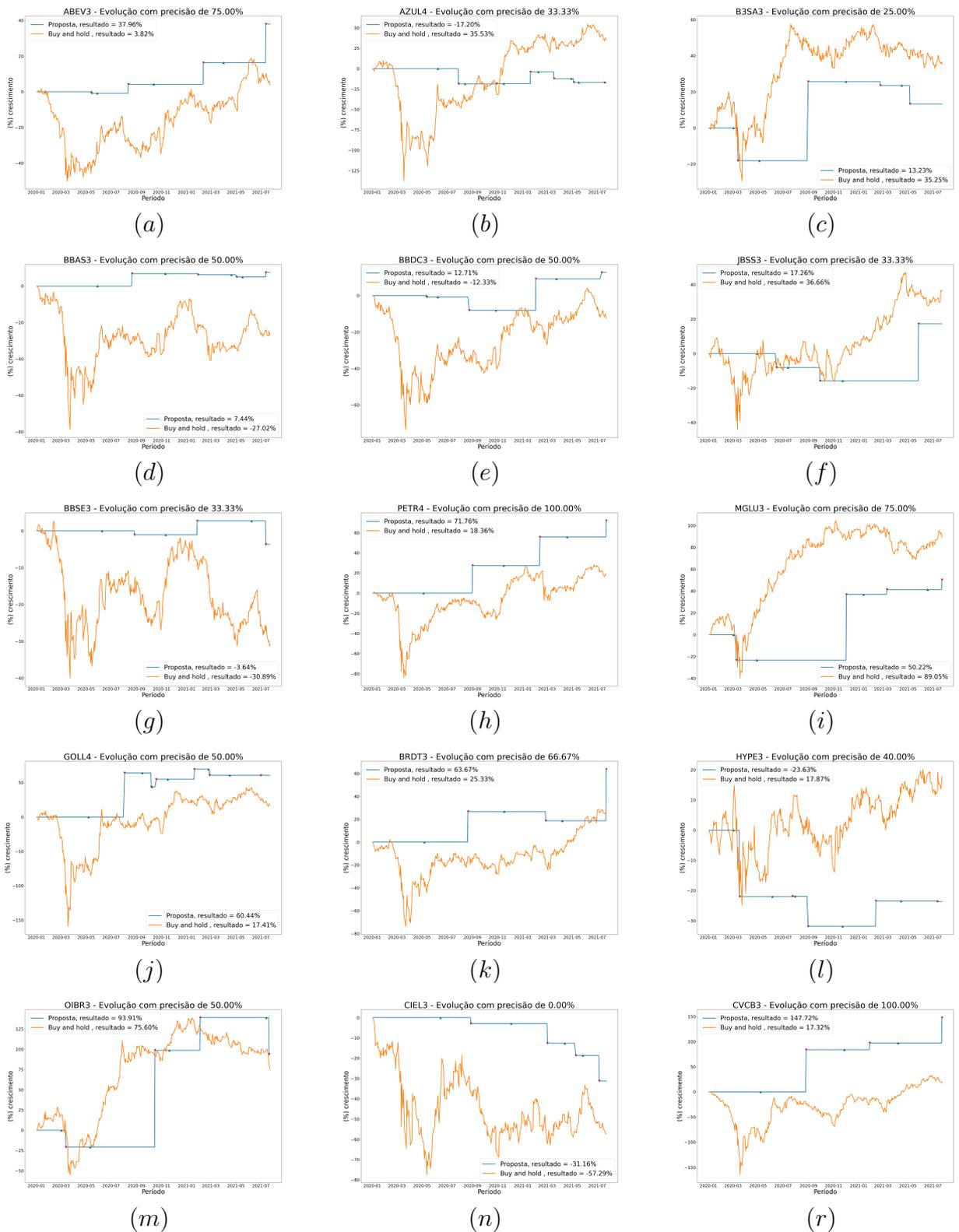


Figure 3. Resultados LRS e Buy and Hold – Período (2020-2021).

De acordo com os resultados apresentados pode-se observar que, na maioria das situações a técnica LRS superou as expectativas comparadas ao Buy and Hold. Deve-se

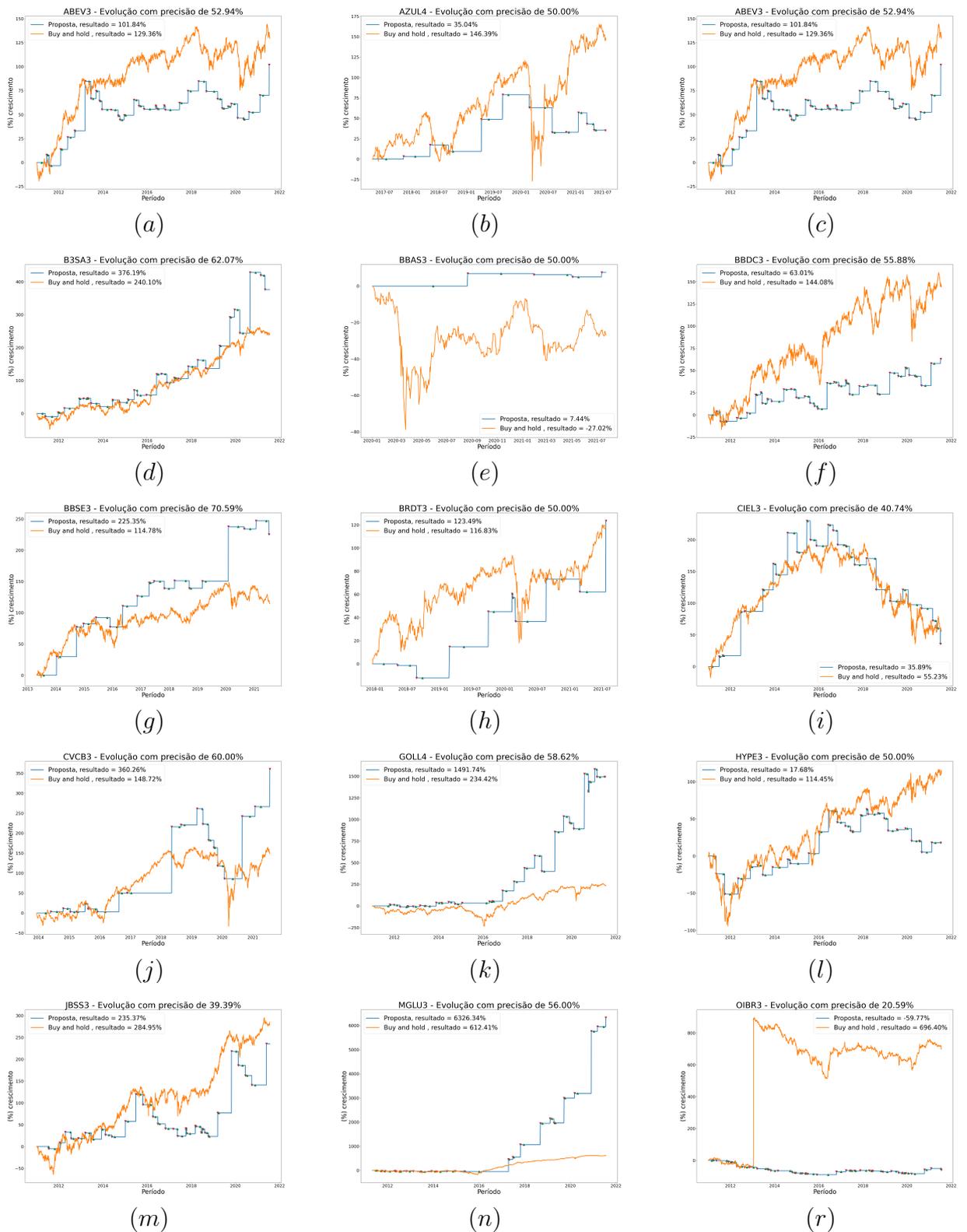


Figure 4. Resultados LRS e Buy and Hold – Período (2011-2021).

destacar desempenhos muito superiores como o da MGLU3 e da PETR4 entre outras que superaram os 800% de valorização.

Como trabalho futuro a expectativa é a aplicação da LRS no mercado de criptomoeda e mercados futuros que envolvam a compra e venda de dólar, compra e venda de índice. Há também o desejo da utilização dessa ferramenta em conjunto com outras ferramentas de análise técnica como média móvel, indicadores de força relativa (IFR), entre outros.

References

- [Bisi 2009] Bisi, T. C. (2009). Estratégias operacional para o mercado de ações: média móvel de 09 períodos. *Trabalho de conclusão de curso*.
- [Cerbasi 2020] Cerbasi, G. (2020). Análise técnica x análise fundamentalista: Como avaliar as empresas na hora de investir? Disponível em: [:https://www.btgpactualdigital.com/como-investir/artigos/coluna-gustavo-cerbasi/analise-tecnica-ou-fundamentalista](https://www.btgpactualdigital.com/como-investir/artigos/coluna-gustavo-cerbasi/analise-tecnica-ou-fundamentalista). Acesso em: 14 setembro 2021.
- [Cohen and Cabiri 2015] Cohen, G. and Cabiri, E. (2015). Can technical oscillators outperform the buy and hold strategy? *Applied Economics*, 47(30):3189–3197.
- [Henriques 2011] Henriques, C. (2011). Análise de regressão linear simples e múltipla. *Departamento de Matemática. Escola Superior de Tecnologia de Viseu. Portugal*.
- [Lohpetch and Corne 2010] Lohpetch, D. and Corne, D. (2010). Outperforming buy-and-hold with evolved technical trading rules: Daily, weekly and monthly trading. In *European Conference on the Applications of Evolutionary Computation*, pages 171–181. Springer.
- [Maroco 2007] Maroco, J. (2007). *Análise estatística com utilização do SPSS*.
- [Neves 2019] Neves, R. J. T. (2019). *Análise técnica ou buy and hold*. Tese de Doutorado.
- [Ramos 2020] Ramos, R. (2020). Regressão linear simples: O que é? para que serve? como funciona? Disponível em: <https://oestatistico.com.br/regressao-linear-simples/>. Acesso em: 14 setembro 2021.
- [Santiago 2019] Santiago, H. (2019). *Análise Fundamentalista: Avaliação de Empresas para Investimento em Ações*, volume 3. Capital e Valor.
- [Tavares et al. 2018] Tavares, J. T. S. et al. (2018). Sistema automático de negociação para a bolsa de valores utilizando redes neurais multilayer perceptron e regressão linear-. *Dissertação mestrado em Computação Aplicada*.