

LEONARDO DYSKANT HORN
THEOPHILO ANTONIO MIGUEL NETO

Uso da inteligência artificial na fiscalização de manipulações de mercado

PROJETO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
APRESENTADO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
DA PUC-RIO, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO

Orientador: Bruno Fânzeres dos Santos

Departamento de Engenharia Industrial
Rio de Janeiro, 21 de novembro de 2024.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar práticas de manipulação de mercado, com foco em *spoofing* e *layering*, utilizando métricas financeiras específicas e técnicas de inteligência artificial (IA). A pesquisa envolve a análise de dois casos investigados pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), usando de percentis para identificar anomalias no *spread bid/ask* e no volume negociado. O estudo propõe um modelo baseado em IA para automatizar o alerta a possíveis eventos de manipulação e aprimorar a fiscalização do mercado financeiro brasileiro. Como resultado, foi possível definir limites quantitativos que indicam potenciais manipulações e demonstrar a viabilidade do uso da IA como ferramenta de prevenção de atividades ilícitas. O trabalho contribui para a área de segurança de mercado ao propor uma abordagem inovadora, capaz de fortalecer a integridade das negociações e promover a transparência nas operações financeiras.

Palavras-chave: *Spoofing*; *Layering*; Inteligência Artificial; Manipulação de Mercado; CVM; Percentil.

Abstract

This study aims to analyze market manipulation practices, focusing on spoofing and layering, using specific financial metrics and artificial intelligence (AI) techniques. The research examines two cases investigated by the Brazilian Securities Commission (CVM) and using percentiles to detect anomalies in bid/ask spreads and trading volumes. The study proposes an AI-based model to automate manipulation detection and enhance market oversight. As a result, quantitative thresholds indicating potential manipulations were identified, demonstrating the feasibility of AI as a tool for preventing market misconduct. This work contributes to the field by introducing an innovative approach to strengthening market integrity and promoting transparency in financial operations.

Keywords: Spoofing; Layering; Artificial Intelligence; Market Manipulation; CVM; Percentile.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Manipulação de mercado.....	3
2.2. Aplicação de inteligência artificial para monitoramento.....	5
2.3. Inteligência artificial no contexto de manipulação de mercado.....	6
3. TIPOS DE MANIPULAÇÃO DE MERCADO.....	9
3.1. Venda a descoberto antes de uma oferta pública.....	9
3.2. Spoofing/Layering.....	10
3.3. Marking the opening/Marking the close.....	15
4. METODOLOGIA.....	19
5. EXPERIMENTO NUMÉRICO.....	21
5.1. Descrição do caso.....	21
5.2. Ajustes dos hiperparâmetros.....	23
5.3. Análise out of sample.....	27
6. CONCLUSÃO.....	31

Lista de Imagens

Figura 1: Ciclo de <i>Spoofing</i>	11
Figura 2: Ciclo de <i>Layering</i>	12

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Variação do spread da MGLU3 nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016.....	24
Gráfico 2: Variação do volume da MGLU3 nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016.....	25
Gráfico 3: Identificação dos comportamentos atípicos da MGLU3 nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016.....	26
Gráfico 4: Relação do volume com o spread da MGLU3 em casos atípicos nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016.....	26
Gráfico 5: Variação do spread da MGLU3 nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017.....	27
Gráfico 6: Variação do volume da MGLU3 nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017.....	28
Gráfico 7: Identificação dos comportamentos atípicos da MGLU3 nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017.....	29
Gráfico 8: Relação do volume com o spread da MGLU3 em casos atípicos nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017.....	30

Lista de Tabelas

Tabela 1: Livro de oferta da MDIA3, antes da manipulação.....	13
Tabela 2: Livro de oferta da MDIA3, destacando a ordem de venda do manipulador.....	14
Tabela 3: Livro de oferta da MDIA3, expondo o cenário após a manipulação.....	14
Tabela 4: Registro do cancelamento das ordens de compra do manipulador.....	15
Tabela 5: Livro de oferta da MGEL4.....	17
Tabela 6: Livro de oferta da MGEL4 no leilão de fechamento.....	18
Tabela 7: Livro de oferta da MGLU3, antes da manipulação.....	21
Tabela 8: Livro de oferta da MGLU3, destacando as ordens do manipulador.....	22
Tabela 9: Registro do cancelamento das ordens de venda do manipulador.....	23

1. INTRODUÇÃO

O mercado financeiro é uma parte fundamental do sistema econômico global. É através desse ambiente que investidores negociam uma ampla gama de produtos denominados ativos financeiros, como ações, títulos, derivativos e câmbios. Ou seja, é o ambiente em que ocorre grande parte das operações de investimentos financeiros ao redor do mundo (ASSAF NETO, 2021).

Dentro desse universo, uma de suas principais vertentes é o mercado de negociação de ações (Lemos (2024)). Uma ação representa a menor parcela do capital de uma empresa. Assim, quem compra ações de uma companhia adquire também os direitos e deveres de um sócio. As empresas emitem ações com o objetivo de levantar seu capital, permitindo que investidores obtenham parte da propriedade da empresa. Essas ações são então negociadas em bolsas de valores, como a NYSE (Estados Unidos) e a B3 (Brasil), onde os participantes compram e vendem conforme suas necessidades e expectativas, tendo a oportunidade de lucrar com o crescimento e sucesso dessas empresas.

Embora o mercado de ações ofereça grandes oportunidades de crescimento e lucro, também envolve riscos significativos para quem está operando (Cavalcante, Brasileiro, Souza, Nobrega e Oliveira (2016)). A volatilidade dos preços das ações, eventos imprevistos e alterações nas condições econômicas globais são fatores que podem resultar em perdas consideráveis para os investidores. Portanto, é essencial que estes compreendam as regulações e princípios deste mercado, tanto quanto avaliem cuidadosamente os riscos antes de tomar decisões de investimento.

A principal entidade reguladora do mercado de ações no Brasil é a Comissão de Valores Mobiliários (CVM). Trata-se de uma autarquia do governo federal que possui como principais funções disciplinar, fiscalizar e desenvolver o mercado de capitais no Brasil. Para isso, estabelece normas e regras para seus participantes, sejam eles instituições de investimento, corretoras, pessoas físicas, entre outros, e assegura que essas sejam cumpridas.

Entretanto, apesar de todos os esforços, ainda assim são inúmeros os casos de crimes financeiros que afetam a ordem econômica do país, prejudicando o funcionamento das instituições e dos mercados que compõem o sistema financeiro. Estes crimes constituem uma preocupação significativa devido ao seu impacto devastador sobre a estabilidade e a integridade do sistema financeiro nacional. Englobam uma variedade de atividades ilícitas, tais como lavagem de dinheiro, fraudes, manipulação de mercado, *insider trading* e outras práticas, que afetam investidores, instituições financeiras e a economia como um todo.

Os desafios enfrentados na prevenção e combate aos crimes financeiros no mercado brasileiro são diversos. Entre eles, destacam-se a falta de recursos e capacidade das autoridades regulatórias para investigar e punir eficazmente os infratores, a complexidade dos esquemas fraudulentos que muitas vezes envolvem múltiplas jurisdições e a necessidade de aprimorar a legislação e regulamentação para abordar lacunas e brechas que podem ser exploradas por criminosos.

Considerando esse cenário, surge a necessidade de buscar soluções para eliminar as ilicitudes no mercado brasileiro, alinhando o avanço das regulações e medidas preventivas ao crescente número de crimes financeiros. Logo, surge a hipótese do uso de uma nova ferramenta para resolver essas mazelas: a inteligência artificial. Capaz de mapear completamente as transações do mercado financeiro, o uso correto da inteligência artificial pode ser decisivo para extinguir quaisquer violações das boas práticas econômicas no país (LEO; SHARMA; MADDULETY, 2019).

O objetivo principal deste trabalho é revisar e detalhar formas de manipulação de mercado e estudar um método capaz de identificar casos de manipulação de mercado, com foco em *spoofing* e *layering*, a partir de métricas financeiras específicas. Para isso, foram analisados casos de investigação da CVM, utilizando a medida de posição de percentis para detectar anomalias no *spread bid/ask* e no volume negociado. A pesquisa adota uma abordagem quantitativa, onde o intervalo entre os percentis e um alfa ajustado permitem definir limites que indicam manipulações potenciais. A aplicação da IA será explorada para verificar a viabilidade de sua implementação na automação desses processos de identificação.

O trabalho está estruturado em seis capítulos. Após a introdução e contextualização iniciais, parte-se para o referencial teórico. Em seguida, serão destacadas as análises dos tipos de manipulação de mercado, seguida da metodologia adotada. Por fim, há o experimento numérico através dos casos reais e a conclusão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Manipulação de mercado

De acordo com a concepção de manipulação de mercado construída por Hanson e Kysar, *“Uma vez que se aceita que os indivíduos sistematicamente se comportam de maneira não racional, segue-se, de uma perspectiva econômica, que outros explorarão essas tendências para obter ganhos”*. Esse conceito traz uma abordagem mais abrangente de manipulação de mercado, que pode ser aplicada a diversas áreas, dentre elas, a financeira. Isso se dá porque, independente de onde estiver sendo realizada essa ação, todas estarão se utilizando de uma vulnerabilidade do comportamento humano para se levar vantagem e obter lucro.

De todo modo, existem casos em que a manipulação não será uma prática ilícita, mas sim um meio para se aproveitar dos dados disponíveis e do contexto corrente, ao entender o comportamento do consumidor, conseguir se beneficiar disso.

Como exemplo, no contexto da varejista *Target*, por exemplo, uma ação foi criada por ela para usar o histórico de compra das suas consumidoras e identificar quais delas estariam grávidas, para que assim pudesse promover produtos relacionados a bebês para elas. Dessa forma, a empresa consegue influenciar a percepção do cliente acerca do que ele necessita e induzi-lo a realizar uma compra. (CALO, 2014)

Enquanto esse caso apresentado mostra uma forma lícita de se manipular o consumidor, por mais que ainda haja um debate ético acerca desse uso massivo de dados, existem outros que não são observados dessa forma, como as realizadas em atividades financeiras.

Nessa circunstância, desde que os mercados financeiros começaram a existir, seus participantes tentam gerar lucro enganando outros. Até 2016, nos Estados Unidos já haviam sido aplicadas multas de mais de US\$10 bilhões decorrentes de diversos escândalos e acusações no contexto de abuso e manipulação de mercado, evidenciando a relevância desses casos.

Diante disso, é importante conseguir caracterizar os diferentes tipos de manipulações de mercado no cenário financeiro, que abrangem algumas conjunturas Siering, Clapham, Engel e Gomber (2017):

- (i) Manipulação de divulgações financeiras acompanhadas por grandes escândalos contábeis, em que há uma distorção intencional da saúde financeira de uma

empresa, através de inflacionamento de lucros, transações fictícias e fraudes em contas a pagar, por exemplo. Esses casos puderam ser observados na *Enron* e *Worldcom*¹, em que tais escândalos prejudicaram o funcionamento eficiente dos mercados;

(ii) A confiança dos investidores é afetada por manipulações de investimento, como o esquema *Ponzi*² criado por Bernard Madoff³, em que se levanta fundos externos de forma consecutiva e paga os retornos aos investidores com o novo capital obtido de investidores posteriores, criando assim a ilusão de altos retornos;

(iii) O uso de informações privilegiadas (*insider trading*) é outra forma de manipulação de mercado, em que os investimentos são baseados em informações relevantes que não foram divulgadas ao público;

(iv) Por último, há uma variedade de atividades fraudulentas de negociação de ações que visam à manipulação do mercado financeiro, que é o principal caso e muitas vezes é referenciado com o termo mais abrangente de manipulação de mercado. De acordo com Cumming e Johan (2008: 456), tais "práticas de negociação [...] distorcem preços e permitem que manipuladores de mercado lucrem às custas de outros participantes, criando assimetrias de informação". Formas dessas manipulações de mercado incluem, por exemplo, as técnicas de "*Pump and Dump*", nas quais o manipulador divulga informações falsas positivas sobre uma empresa para lucrar com o aumento subsequente do preço ou "*Marking the Close*", em que o investidor tenta manipular o preço de fechamento de uma ação.

No contexto de manipulação de ações, há diversas motivações para a realização de práticas ilegais, mas a principal e mais recorrente é decorrente da perspectiva de um lucro rápido e, de certa forma, em uma operação segura do ponto de vista financeiro, diferentemente do que é o mercado de ativos mobiliários, em que se compra uma ação por um preço mais baixo para vendê-la posteriormente a um preço maior, posterior à manipulação,

¹ Empresas que apresentaram escândalos contábeis no Estados Unidos entre os anos de 2000 e 2005

² O esquema *Ponzi* se refere à origem desse esquema, em 1920, diante das ações de Charles Ponzi ao promover investimentos inexistentes

³ Esquema iniciado na década de 1970 que gerou um prejuízo de US\$ 65 bilhões

lucrando por meio dessa diferença. Isso ocorre por meio do direcionamento do preço da ação diante do interesse do manipulador, que consegue através de diversos mecanismos influenciar a ação de compra e venda de outros investidores, criando ele próprio ou por outros pressões de compra ou venda da ação.

Quando se observa essa atividade realizada uma vez, o retorno obtido não é relevante, mas, uma vez que é realizada periodicamente e durante anos, são percebidos ganhos elevados, na mesma medida em que o mercado é impactado e continuamente desregulado.

Essa prática, assim como a manipulação apresentada no caso da *Target*, tem uma implicação no consumidor, nesse caso o investidor, que é influenciado a realizar uma movimentação, seja uma compra de uma ação ou de um produto, diante de uma oportunidade que lhe foi apresentada.

Diante disso, sem a criação de novas formas de monitorar essas atividades, há um aumento na insegurança do investidor, que diminui sua confiança no mercado, deixando de entrar e continuar nele, causando, assim, uma diminuição em sua liquidez⁴. Além de um prejuízo para o mercado, há também o para o investidor, que pode arcar com possíveis perdas Harris (2022). Essas ocorrem diante da persuasão, direta, como o *Pump and Dump*, ou indireta, como o *Marking the Close*, realizada pelo manipulador, que influencia os outros participantes a investirem em ações à um preço acima do que ela vale, fazendo com que, após a correção daquele valor pelo mercado, ele perca dinheiro, além de diversos outros cenários.

2.2. Aplicação de inteligência artificial para monitoramento

A inteligência artificial surgiu como uma forma de replicar e aperfeiçoar ações humanas através de sistemas automatizados, em meio a uma quantidade crescente de dados que extrapolam a capacidade humana de análise e, em paralelo, ao desenvolvimento do conhecimento acerca de computação. Por isso, as técnicas que compõem essa aplicação vêm substituindo e, em muitos casos, melhorando o que antes era realizado por profissionais, realizando demandas que seriam muito mais trabalhosas caso não existissem. (HAENLEIN; KAPLAN, 2019)

Nesse sentido, a principal capacidade humana que desejava ser replicada era o reconhecimento de padrões, em que a máquina, tendo à sua disposição uma grande quantidade de dados, torna o processo decisório mais rápido e assertivo.

De forma conceitual, Haykin pontua que:

⁴ A capacidade de conversão de um bem ou ativo em dinheiro, e vice-versa. Ou seja, a facilidade e rapidez de realização da operação.

Uma rede neural é um processador distribuído massivamente paralelo que possui uma propensão natural para armazenar conhecimento experiencial e torná-lo disponível para uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos:

1. O conhecimento é adquirido pela rede por meio de um processo de aprendizado.
2. As forças de conexão entre os neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são usadas para armazenar o conhecimento.

Técnicas mais recentes que se utilizam dos princípios da inteligência artificial aprimoram ainda mais a capacidade desses métodos de identificarem padrões em bases de dados cada vez maiores. A principal delas e mais latente, hoje em dia, é o deep learning, que segundo Lecun, Bengio e Hinton (2015), permite que modelos computacionais compostos por múltiplas camadas de processamento aprendam representações dos dados com múltiplos níveis de abstração.

Atualmente, já há diversos sistemas que se utilizam dessa técnica para o monitoramento de atividades, como é o caso das transações realizadas por meio de cartão de crédito. Nesse contexto, a aplicação é utilizada para detectar atividades fraudulentas, em que há um aprendizado dos padrões de transações não autorizadas. (ZULKIFLEY; SUKOR; MUNIR; SHAFIAI, 2021)

Essa aplicabilidade da inteligência artificial traz mais confiança e segurança aos usuários do produto ou serviço, fazendo com que se mantenham ativos nesses meios.

2.3. Inteligência artificial no contexto de manipulação de mercado

Com a evolução da tecnologia, ao mesmo tempo em que surgem novos meios para se promover ações ilícitas e prejudiciais ao mercado de ações, há também o aumento na dificuldade de gestão e combate, diante, principalmente, do grande fluxo de informações, velocidade das transações e complexidade das manipulações, que impossibilitam o monitoramento manual desses casos, demandando a criação e modelagem de sistemas automatizados que realizam esse processo (SIERING; CLAPHAM; ENGEL; GOMBER, 2017).

Uma das principais ferramentas que potencializou a velocidade das transações foi o *High-Frequency Trading* (HFT) Cartea (2015). Esta ferramenta foi introduzida como uma forma de aumentar o número de negociações, em que o preço é avaliado e processado em microssegundos, tornando o mercado mais dinâmico. Existem pontos que se levantam acerca

dessa prática, por ela gerar debates sobre como impacta a economia, e se a faz em um sentido neutro, positivo ou negativo.

Por conta disso, existem países, como é o caso da China, que se previnem da utilização dessa ferramenta, ao impor limitações na propagação de informações aos participantes do mercado, além de instituir taxas de cancelamento e transação mais altas, fazendo com que ela esteja mais protegida de eventuais manipulações (LI; WANG; DRAPEAU; TAO, 2024).

Ademais, além das tecnologias implementadas no mercado de ações, voltadas para dar liquidez e dinâmica à ele, outros instrumentos surgem para agregar à manipulação do mercado, como as redes sociais e a Inteligência Artificial.

Do lado das redes sociais, os principais gatilhos para facilitar e dar escalabilidade para essas ações são o alcance que elas possuem, a, ainda, baixa regulamentação acerca de postagens e suas validades e a possibilidade de se manter o anonimato enquanto usuário de alguma dessas plataformas. Isso pode criar facilidades para práticas como o “*Pump and Dump*”, que envolve inflar artificialmente o preço de uma ação, através, dentre outras formas, de boatos ou notícias falsas, a fim de influenciar o mercado e fazer o preço de determinada ação aumentar momentaneamente, ao atrair investidores que podem seguir essa tendência e comprar as ações (ESTADÃO, 2021).

Por outro lado, a Inteligência Artificial traz manipulações mais robustas, podendo até servir de apoio para as práticas na rede social, dando escalabilidade a essas ações.

Por ser uma ferramenta ainda recente em sua atual forma, a tecnologia e seus desdobramentos carecem de estudos que identifiquem seus impactos e sua usabilidade, principalmente a longo prazo, diante de uma evolução cada vez mais rápida de suas capacidades e aplicações.

Observando novamente as duas tecnologias citadas, percebe-se que já há uma consciência acerca dos efeitos da rede social, como representação (alguém atuando ser algo que não é), mau uso das informações e confusão do que é real ou não (sobre o que é visto nas redes) ÉPOCA NEGÓCIOS (2021). Isso é resultado da maturidade atingida pela rede social, que teve sua popularização no final do século XX e início do século XXI. Logo, há uma consciência das atitudes que podem ser tomadas para se instituir uma manipulação do mercado, por mais que sejam difíceis de serem identificadas e controladas.

Diferentemente, a Inteligência Artificial como conhecemos é mais recente e imprevisível, dadas as diversas aplicações que ela possui e o desconhecimento de outras que

ainda vão surgir. Diante disso, dificulta-se o entendimento de como essa tecnologia irá impactar o mercado de ações e como ela mesma solucionará as novas situações que surgirão.

Por mais que a tecnologia ofereça esses riscos crescentes, ela também apoia os reguladores a criar novas estratégias para conter essas novas ameaças ao mercado.

Um dos principais pontos que a Inteligência Artificial traz no combate à essas ações é a possibilidade de identificar comportamentos e padrões que se identifiquem como suspeitos, como, por exemplo, comprar imediatamente no melhor preço existente (ZULKIFLEY; SUKOR; MUNIR; SHAFIAI, 2021).

Aliado ao comportamento do comprador, deve ser levado em consideração o comportamento do mercado, como o fato das ações com valores baixos e pouca liquidez serem alvos de manipulação (Zulkifley, Sukor, Munir e Shafiai (2021)). Além disso, elas apresentam preços anormais, volatilidade e retornos atípicos (LI; WU; LIU, 2017).

Com diversos padrões definidos e previamente estudados, a Inteligência Artificial consegue se utilizar do seu poder computacional, velocidade de processamento de dados e, aliado com o reconhecimento de padrões, se torna uma importante ferramenta para reguladores do mercado.

Diversos estudos já abordam o uso de Inteligência Artificial na fiscalização de manipulações, seja em casos mais gerais, que avaliam apenas situações atípicas de compra e venda, como em manipulações mais específicas, como o *“Pump and Dump”* e *“Spoofing”*.

Além desses tipos específicos de manipulação, que direcionam a análise da manipulação para um comportamento específico do mercado e do manipulador, também são encontradas técnicas de classificação que podem ser utilizadas nessa fiscalização, como: *K-Nearest Neighbour* (KNN), *Support Vector Machine* (SVM), *Decision Tree* (DT), *Linear Discriminant Analysis* (LDA), *Quadratic Discriminant Analysis* (QDA), *Logistic Regression* (LR) e *Artificial Neural Network* (ANN). Esses modelos são usados para detectar anomalias no comportamento da compra e venda de ações (LI; WU; LIU, 2017).

Como resultado indicado pela literatura científica, os melhores métodos a serem escolhidos para esse tipo de detecção foram o *Decision Tree* e o *K-Nearest Neighbour*.

3. TIPOS DE MANIPULAÇÃO DE MERCADO

A manipulação financeira de mercado, por definição, abrange diversas práticas que podem ser realizadas por manipuladores visando ganho financeiro e consequentes prejuízos ao mercado.

Dentre essas práticas, as mais comuns no Brasil são:

- (i) Venda a descoberto⁵ antes de uma oferta pública;
- (ii) *Spoofing/Layering*;
- (iii) *Marking the opening/Marking the close*.

3.1. Venda a descoberto antes de uma oferta pública

De acordo com o art. 1º da ICVM nº 530/2012:

Fica vedada a aquisição de ações, no âmbito de ofertas públicas de distribuição de ações, por investidores que tenham realizado vendas a descoberto da ação objeto na data da fixação do preço da oferta e nos 5 (cinco) pregões que a antecedem.

Essa medida visa fiscalizar investidores que vendam um ativo em período próximo à oferta, e recompram exatamente na oferta a preço inferior ao que foi vendido. Dessa forma, lucram com a diferença de preços. Logo, a CVM, por meio dessa lei, visa conter a queda artificial dos preços das ações das empresas que estão passando por esse processo.

O Processo Administrativo Sancionador CVM SEI 19957.009486/2017- 27 aborda um caso sobre essa prática em que a CVM apurou vendas a descoberto com ações da Oi em cinco pregões anteriores à data de fixação do preço das ações na oferta pública da companhia, realizado no dia 28.04.2014. Essa investigação por parte do órgão foi iniciada após uma queda de 12% das ações da empresa nos dias que antecederam a operação.

Nesse caso, a empresa responsável, UBS, teve uma vantagem financeira ao realizar a venda a descoberto de ações ordinárias (ON) e preferenciais (PN), sendo o progresso das ações realizado da seguinte forma:

- (i) tomou emprestado 200.000 ações ON, em 23.04.2014, mantendo esta posição até 28.04.2014, quando aumentou para 700.000;
- (ii) tinha 1.600.000 ações PN emprestadas, em 25 e 28.04.2014;

⁵ A venda a descoberto é uma estratégia de especulação amplamente utilizada na bolsa de valores. Nessa abordagem, os investidores buscam lucrar com a queda do valor de ativos no futuro, realizando uma operação na qual vendem um papel sem tê-lo de fato.

- (iii) realizou vendas líquidas dessas duas espécies de ações de emissão da OSA, entre os dias 23 e 28.04.2014; e
- (iv) adquiriu 1.527.101 ações ON e 6.614.549 PN na Oferta.

Com essa operação, a empresa teve um lucro financeiro na operação de R\$ 1.353.983,00, por ter comprado a descoberto as ações a um preço menor nos dias anteriores do que aquele que adquiriu na Oferta.

Nesse caso, o processo foi encerrado em 2021, 7 anos após a realização dessa operação, com o pagamento de uma multa de R\$ 300.000,00, revelando a morosidade da investigação desse tipo de manipulação.

3.2. *Spoofing/Layering*

O *spoofing* e o *layering* são duas práticas fraudulentas comuns no mercado financeiro. Geralmente utilizadas para manipular preços de ativos, especialmente em mercados de ações e futuros, ambas envolvem o uso de ordens falsas para enganar outros participantes do mercado e obter lucros ilícitos, sendo consideradas manipulação de mercado e proibidas em diversas jurisdições.

Essas duas práticas se enquadram na ICMV nº 08/79, “a utilização de qualquer processo ou artifício destinado, direta ou indiretamente, a elevar, manter ou baixar a cotação de um valor mobiliário, induzindo, terceiros à sua compra e venda”, não sendo abrangidas diretamente, mas através da natureza de suas aplicações.

Além disso, o crime se configura na Lei nº 6.385/76, que estabelece pena de 1 a 8 anos, além de multa de até 3 vezes o montante da vantagem obtida, para casos de manobras fraudulentas destinadas a elevar, manter ou baixar o preço ou volume de um ativo.

O *spoofing*, primeiramente, consiste em inserir uma grande ordem de compra ou venda no livro de ofertas do ativo, sem a real intenção de executá-las. A principal finalidade desse ato é criar uma falsa percepção de liquidez no mercado, manipulando os preços.

Conforme a BSM Supervisão de Mercados (BSM), entidade autorreguladora do mercado de capitais brasileiro, essa prática pode ser definida da seguinte forma:

[a] estratégia de spoofing tem como característica a inserção de ofertas de compra ou de venda com lote expressivo, com o objetivo de exercer pressão compradora ou vendedora no livro de ofertas e, com isso, atrair contrapartes para execução de ofertas constantes no lado oposto do livro. Após a realização dos negócios, os clientes cancelam as ofertas expressivas. (...) Também são consideradas práticas abusivas de spoofing as ocorrências que apresentam como etapa inicial o

posicionamento em um dos lados do livro e posterior inserção de oferta expressiva sem propósito de fechar negócio.

Essa atuação do manipulador pode ficar mais evidente ao observarmos a Figura 1, que mostra o ciclo dessa prática.



Fonte: Comissão de Valores Mobiliários⁶

Por outro lado, o *layering* é uma variante mais complexa do spoofing, onde o trader coloca múltiplas ordens falsas em tamanhos menores e diferentes níveis de preço. Essa estratégia é usada para manipular ainda mais profundamente a percepção de oferta e demanda no mercado, criando várias camadas de ordens falsas para dar a ilusão de uma pressão constante de compra ou venda. Da mesma forma, promove a percepção de que o ativo está sendo fortemente negociado, com alta liquidez.

Essa prática pode ser definida da seguinte forma, conforme a BSM:

[a] estratégia de *layering* tem como característica a inserção de sucessivas ofertas de um lado do livro a preços melhores que a última oferta registrada, que formam camadas de ofertas sem propósito de fechar negócio, com o objetivo de atrair outros participantes para a negociação e executar negócios no lado oposto do livro. (...) Também são consideradas práticas abusivas de *layering* as ocorrências que apresentam como etapa inicial o posicionamento em um dos lados do livro e posterior inserção de ofertas que formam camadas manipuladoras de ofertas sem propósito de fechar negócio.

⁶ Disponível em:

https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220621_PAS_CVM_19957_009452_2018_13_voto_diretor_otto_lobo.pdf

Logo, o ciclo observado para o *layering* se assemelha ao mostrado no caso anterior, segundo a figura 2.

Figura 2: Ciclo de *Layering*



Fonte: Comissão de Valores Mobiliários⁷

Assim, fica evidente o mesmo objetivo do *spoofing*, visto que o *layering* engana os investidores, tendo vantagens indevidas, distorcendo a formação de preços e reduzindo a transparência do mercado.

Além do Brasil, ambas as práticas são ilegais em diversas outras regiões, incluindo os Estados Unidos, onde se iniciou o debate acerca dessas práticas em 2010, em que órgãos reguladores como a SEC (*Securities and Exchange Commission*) e a CFTC (*Commodity Futures Trading Commission*) monitoram e punem essas condutas.

Como a visualização dessas estratégias como manipulação ainda é recente e o processo para puni-las demorado, ainda há poucos casos relatados no Brasil.

Porém, o Processo Administrativo Sancionador CVM SEI N° RJ 2019/4437 apresenta um relatório de um caso de manipulação de preços por meio da utilização de ofertas artificiais de negociação, nas modalidades *layering* e *spoofing*, em infração ao inciso I c/c inciso II, letra “b” da Instrução CVM n° 08/1979.

⁷ Disponível em:

https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220621_PAS_CVM_19957_009452_2018_13_voto_diretor_otto_lobo.pdf

Nesse caso, a prática de *layering* foi aplicada nas ações ordinárias da M. Dias Branco S.A. Indústria e Comércio de Alimentos, que previamente se encontrava da seguinte forma, possuindo um *spread*⁸ de R\$0,17, com a maior oferta de compra sendo por R\$101,32.

Tabela 1: Livro de oferta da MDIA3, antes da manipulação

OFERTAS DE COMPRA					OFERTAS DE VENDA				
Hora	Cliente	Participante	Qtd	Preço (R\$)	Preço (R\$)	Qtd	Participante	Cliente	Hora
11:07:44.958		45	200	101,32	101,49	100	8		11:07:35.019
11:08:49.530		40	100	101,31	101,5	700	40		10:06:49.722
11:07:53.254		82	100	101,2	101,95	200	82		10:54:02.720
10:48:10.787		82	100	100,86	101,96	100	3		10:07:03.287
09:54:05.965		82	100	100,76	101,99	200	82		09:54:02.239
09:45:12.684		72	100	100,75	102	800	85		09:48:54.034

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários⁹

Sendo assim, o manipulador, a partir de 11:08:58 começa a inserir uma série de 14 ordens de venda em um intervalo pequeno de tempo, transformando e causando uma variação do *spread*, que inicialmente diminui, e depois sobe novamente, levando a um aumento não-desprezível de preço da ação, que passa para R\$101,63, com um aumento de R\$0,31. Durante esse processo, o manipulador ainda realiza a venda de uma quantidade de ações, aproveitando a subida de preço, por um valor ainda maior do que o visto após a manipulação.

⁸ Variação entre a maior oferta de compra e a menor oferta de venda

⁹ Disponível em:

http://antigo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/sancionadores/sancionador/anexos/2022/SEI_19957006511_2019_82.pdf

Tabela 2: Livro de oferta da MDIA3, destacando a ordem de venda do manipulador

OFERTAS DE COMPRA				OFERTAS DE VENDA					
Hora	Cliente	Participante	Qtd	Preço (R\$)	Preço (R\$)	Qtd	Participante	Cliente	Hora
11:11:55.625		45	300	101,76	101,76	300	82	ALEX	11:11:55.625
11:11:50.250	ALEX	82	100	101,63	101,95	200	82		10:54:02.720
11:11:48.811	ALEX	82	100	101,62	101,96	100	3		10:07:03.287
11:11:49.048	ALEX	82	100	101,62	101,99	200	82		09:54:02.239
11:11:47.517	ALEX	82	100	101,61	102	800	85		09:48:54.034
11:11:46.130	ALEX	82	100	101,6	102,4	500	10		09:57:07.906
11:11:46.535	ALEX	82	100	101,6	102,49	1.100	16		11:11:52.874
11:11:44.906	ALEX	82	100	101,59	102,84	100	3		09:52:11.115
11:11:43.688	ALEX	82	100	101,58	103,1	100	72		09:45:11.694
11:11:43.031	ALEX	82	100	101,57	104,24	300	82		09:54:14.710
11:11:41.188	ALEX	82	100	101,52	104,25	100	82		00:00:00.000*
11:11:40.197	ALEX	82	100	101,51	104,85	100	39		00:00:00.000*
11:11:26.593	ALEX	82	100	101,5	105,25	200	72		09:45:11.694
11:10:16.742	ALEX	82	100	101,4	106,8	800	147		00:00:00.000
11:11:20.116		8	100	101,4	108	100	72		09:45:12.683
11:08:58.141	ALEX	82	100	101,36	113,6	200	3		00:00:00.000*
11:10:08.246		45	100	101,28	119	500	3		00:00:00.000*

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹⁰

Tabela 3: Livro de oferta da MDIA3, expondo o cenário após a manipulação

OFERTAS DE COMPRA				OFERTAS DE VENDA					
Hora	Cliente	Participante	Qtd	Preço (R\$)	Preço (R\$)	Qtd	Participante	Cliente	Hora
11:11:50.250	ALEX	82	100	101,63	101,93	100	8		11:11:48.143
11:11:48.811	ALEX	82	100	101,62	101,93	100	9		11:11:48.152
11:11:49.048	ALEX	82	100	101,62	101,94	100	8		11:11:47.026
11:11:47.517	ALEX	82	100	101,61	101,95	200	82		10:54:02.720
11:11:46.130	ALEX	82	100	101,6	101,95	100	8		11:11:47.017
11:11:46.535	ALEX	82	100	101,6	101,96	100	3		10:07:03.287
11:11:44.906	ALEX	82	100	101,59	101,99	200	82		09:54:02.239
11:11:43.688	ALEX	82	100	101,58	102	800	85		09:48:54.034
11:11:43.031	ALEX	82	100	101,57	102,4	500	10		09:57:07.906
11:07:44.958		45	300	101,56	102,47	1.100	16		11:11:48.683
11:11:41.190		8	100	101,55	102,84	100	3		09:52:11.115
11:11:41.188	ALEX	82	100	101,52	103,1	100	72		09:45:11.694
11:11:40.197	ALEX	82	100	101,51	104,24	300	82		09:54:14.710
11:11:26.593	ALEX	82	100	101,5	104,25	100	82		00:00:00.000*
11:10:16.742	ALEX	82	100	101,4	104,85	100	39		00:00:00.000*
11:11:20.116		8	100	101,4	105,25	200	72		09:45:11.694
11:08:58.141	ALEX	82	100	101,36	106,8	800	147		00:00:00.000*

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹¹

Após ter conseguido simular uma pressão compradora, aumentando o preço da ação, ele retira sua posição de compra, cancelando as suas ordens.

¹⁰ Disponível em:

http://antigo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/sancionadores/sancionador/anexos/2022/SEI_19957006511_2019_82.pdf

¹¹ Disponível em:

http://antigo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/sancionadores/sancionador/anexos/2022/SEI_19957006511_2019_82.pdf

Tabela 4: Registro do cancelamento das ordens de compra do manipulador

Ocorrência	Compra/Venda	Hora do		Preço (R\$)	Quantidade	----- Venda -----		----- Compra -----		Benefício financeiro (R\$)
		Hora	cancelamento			Participante	Cliente	Participante	Cliente	
Registro	Compra	11:08:58.141	11:14:12.544	101,36	100			82	130671	
Registro	Compra	11:10:16.742	11:14:07.184	101,40	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:26.593	11:12:59.890	101,50	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:40.197	11:12:57.061	101,51	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:41.188	11:12:54.450	101,52	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:43.031	11:12:02.080	101,57	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:43.688	11:12:53.377	101,58	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:44.906	11:12:00.876	101,59	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:46.130	11:11:59.627	101,60	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:46.535	11:12:00.311	101,60	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:47.517	11:11:59.471	101,61	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:48.811	11:11:58.575	101,62	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:49.048	11:11:58.450	101,62	100			82	130671	
Registro	Compra	11:11:50.250	11:11:58.253	101,63	100			82	130671	
Registro	Venda	11:11:55.625		101,76	300	82	130671			
Negócio	Venda	11:11:55.625		101,76	300	82	130671	45	-	129,00

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹²

Dessa forma, ao invés de realizar a venda das ações a um preço de R\$101,32, a realizou por R\$101,78.

Por fim, o manipulador por conta dessa e de outras práticas que teve durante 2013 e 2017, diante de um benefício auferido de R\$912.648,00, teve de arcar com uma multa de R\$1.950.488,76, equivalente a uma vez e meia o valor da vantagem econômica obtida, levando em conta a inflação do período.

3.3. *Marking the opening/Marking the close*

O *Marking the opening* e *Marking the close* são duas práticas bem semelhantes de manipulação, que tem a mesma proposta, mas que são realizadas em momentos diferentes do dia da bolsa de valores: o primeiro ocorre no leilão de abertura, enquanto o segundo no leilão de fechamento.

O leilão de abertura acontece antes do início do pregão regular, geralmente alguns minutos antes da abertura oficial do mercado. Durante esse período, os investidores podem registrar suas ordens de compra e venda, mas as transações não são executadas imediatamente. Em vez disso, o sistema coleta todas as ordens e, com base na oferta e demanda, calcula um preço de equilíbrio. Esse preço de equilíbrio se torna o preço de abertura da ação, e é o primeiro preço negociado quando o mercado começa suas operações.

¹² Disponível em:

http://antigo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/sancionadores/sancionador/anexos/2022/SEI_19957006511_2019_82.pdf

Por outro lado, o leilão de fechamento ocorre ao final do pregão regular, nos últimos minutos de negociação. Ele funciona de forma semelhante ao leilão de abertura: os investidores colocam suas ordens de compra e venda, e o sistema calcula o preço de equilíbrio baseado nas ordens recebidas. Esse preço se torna o preço de fechamento, que é o último preço negociado do dia e que frequentemente é utilizado como referência para o valor da ação.

Sendo assim, ambas as práticas visam manipular esses preços, ao gerarem ordens de compra ou venda que influenciem a abertura ou fechamento da ação. Essa atitude pode acabar influenciando a percepção dos investidores, que usam esses valores como referência para avaliar o desempenho do ativo, e induzindo-os a acreditarem que há uma tendência de alta ou baixa.

Como definição dessas práticas, há que:

Os leilões de abertura e fechamento são cruciais para a adequada formação de preços de determinado instrumento financeiro. Como vimos anteriormente, há regras específicas para estes momentos sensíveis do pregão. Por vezes, o preço de abertura ou de fechamento de determinado instrumento pode influenciar o resultado de uma posição detida por determinado investidor em um derivativo daquele instrumento ou em um indicador de desempenho (a rentabilidade de um fundo de investimento ou um índice de ações). Nestes casos, quando um agente tenta influenciar a formação de preços nos leilões de fechamento (abertura) por meio de ofertas ilegítimas, temos a prática de *marking the close* (*marking the open*).

O Processo Administrativo Sancionador CVM Nº 19957.008818/2018-37 traz um caso em que um investidor se utiliza de ambas as práticas para controlar o preço do ativo da empresa Mangels Industrial SA, através do ativo MGEL4, visando deixar o preço dele a um patamar de R\$1,00 ou superior.

Com isso, como é mostrado na Tabela 3, logo no início do dia são realizadas ordens de compra com um volume alto no valor de R\$1,00 e, posteriormente, R\$1,06, destacados em negrito, que contribuíram para que o preço praticado no início do dia se mantivesse no patamar desejado.

Tabela 5: Livro de oferta da MGEL4

Hora	Número Negócio	Quantidade	Preço	Compra		Venda	
				Participante	Cliente	Participante	Cliente
11:25:00	10	1.000	R\$ 1,00	82	Outro	63	Outro
11:25:00	20	1.000	R\$ 1,00	82	Outro	63	Outro
11:25:00	30	4.000	R\$ 1,00	129	Outro	63	Outro
11:25:00	40	4.000	R\$ 1,00	1925	Outro	63	Outro
11:25:00	50	100	R\$ 1,00	1925	Outro	15	AF
11:25:00	60	46.000	R\$ 1,00	77	Robert	15	AF
11:25:00	70	3.900	R\$ 1,00	1925	Outro	15	AF
11:25:00	80	1.000	R\$ 1,00	1925	Outro	86	Outro
11:54:43	90	100	R\$ 1,06	77	Robert	735	Outro
12:13:00	100	1.000	R\$ 1,02	114	Outro	15	AF
12:13:00	110	5.000	R\$ 1,00	1925	Outro	15	AF
12:13:07	120	5.000	R\$ 1,00	1925	Outro	15	AF
12:13:12	130	1.000	R\$ 1,00	1925	Outro	15	AF
17:05:00	140	1.000	R\$ 1,00	77	Robert	82	Outro
17:05:00	150	1.000	R\$ 1,00	77	Robert	129	Outro
17:05:00	160	200	R\$ 1,00	77	Robert	129	Outro
17:05:00	170	2.800	R\$ 1,00	77	Robert	129	Outro
17:05:00	180	1.000	R\$ 1,00	77	Robert	82	Outro

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹³

Além disso, no leilão de fechamento há uma nova atuação do manipulador, que, ao ver que o preço teórico diminuía a um patamar abaixo de R\$1,00, nesse caso R\$0,95, por conta da atuação de outros investidores, realizava novas ordens de compra de R\$1,00, aumentando novamente o valor da ação para o desejado.

Essa ação foi realizada ao menos 3 vezes nesse dia, fazendo com que, ao final do pregão, a ação se mantivesse no nível esperado pelo manipulador.

¹³ Disponível em:

https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220719_PAS_CVM_19957_008818_2018_37_voto_diretor_alexandre_rangel.pdf

Tabela 6: Livro de oferta da MGEL4 no leilão de fechamento

Hora	Tipo da Oferta	Comprador			Vendedor			Preço Teórico
		Participante	Quant.	Preço	Preço	Quant.	Participante	
16:56:54.297	Alteração				0,95	1.000	82	0,95
16:57:06.945	Alteração				Pab*	1.000	82	0,95
16:57:35.496	Alteração				1,04	1.000	114	0,95
16:57:53.649	Registro	77	1.000	1,00				1,00
16:58:03.500	Alteração				1,05	1.000	82	1,00
16:58:35.876	Alteração				0,95	1.000	129	0,95
16:58:59.713	Alteração				1,00	1.000	82	0,95
16:59:07.733	Registro	77	1.000	1,00				1,00
16:59:34.409	Registro	77	200	1,00				1,00
17:00:08.998	Alteração				0,95	4.000	129	0,95
17:00:56.919	Alteração				1,00	1.000	82	0,95
17:01:29.367	Registro	77	5.000	1,00				1,00
17:05:00.011	Negócio	77	1.000	1,00	1,00	1.000	82	-
17:05:00.011	Negócio	77	1.000	1,00	1,00	1.000	129	-
17:05:00.011	Negócio	77	200	1,00	1,00	200	129	-
17:05:00.011	Negócio	77	2.800	1,00	1,00	2.800	129	-
17:05:00.011	Negócio	77	1.000	1,00	1,00	1.000	82	-

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹⁴

Por fim, o manipulador teve de arcar com uma multa de R\$350.000,00, diante dos atos cometidos.

¹⁴ Disponível em:

https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220719_PAS_CVM_19957_008818_2018_37_voto_diretor_alexandre_rangel.pdf

4. METODOLOGIA

Para podermos entender e criar um processo metodológico para identificar casos de manipulação que ocorrem no mercado de ações, serão seguidos dois passos: compreensão do movimento de mercado que ocorre quando há uma manipulação e utilização de uma metodologia baseada em métodos estatísticos para encontrar esses casos.

Como cada manipulação terá sua especificidade, abordaremos apenas a metodologia para identificação de casos de *spoofing* e *layering*.

De início, entende-se que em ambos, o intuito do manipulador será aumentar ou diminuir o preço de uma ação, para que, após isso, ele realize uma operação de venda por um preço maior, ou de compra por um preço menor. Como visto nos casos particulares de *spoofing* e *layering* relatados na Seção 3, isso é feito aproximando a maior oferta de compra da menor oferta de venda, para que os outros participantes do mercado reajam a esse movimento e ocorra a variação de preço.

Logo, a diminuição do *spread* para um nível abaixo do comum é um dos indicadores a serem avaliados, já que o manipulador se utiliza deste efeito para criar uma pressão compradora ou vendedora, fazendo o preço alterar na direção desejada.

Aliado a isso, para que se tenha a confirmação de que houve uma (potencial) manipulação, é necessário avaliar o volume de transações no momento em que o *spread* diminuiu. Isso decorre do fato de que esses casos ocorrem diante da inserção de uma grande quantidade de ordens. Sendo assim, também será levado em consideração a variação relativa do volume, comparando um minuto com o anterior, com o intuito de verificar se houve um crescimento abrupto e repentino do volume.

Tendo definido o que acontece nesses casos e quais métricas são necessárias para avaliar a ocorrência, é necessário criar um processo metodológico para identificar esses *outliers* de *spread* e ver se nesses momentos houve uma grande variação de volume.

Para isso, neste trabalho é usado, em um primeiro momento, o método de percentil, a partir da série de dados de *spread*, para que sejam identificados os momentos em que esse indicador não está em sua normalidade.

Essa metodologia sugerida neste trabalho se inspira no método conhecido como Intervalo entre Quartis (InterQuartile Range - IQR) Dekking, Kraaikamp, Lopuhaä e Meester (2005). Esse é um método estatístico que pode ser considerado mais tradicional quando comparado com outras abordagens atuais de IA, como os exemplos de métodos citados anteriormente, como KNN, *Decision Tree*, Redes Neurais, mas que, de qualquer forma, se

utiliza de dados, treinamento e aperfeiçoamento do modelo para identificar padrões e comportamentos.

Basicamente, ela é uma medida posicional que auxilia na identificação de *outliers*, a partir da diferença entre o 1º (25%) e 3º (75%) quartil dos dados, multiplicada por um fator (*alfa*) que está relacionado à dispersão dos dados (exemplo, fator *alfa* de 1,5) e que subtrai do 1º quartil e soma com o 3º para criar os limites. Esse método é utilizado em contextos em que os dados podem ser bem aproximados por uma Distribuição Normal. Assim, como realizado na metodologia construída, os pontos que sejam superiores ao Limite Superior ou inferior ao Limite Inferior podem ser considerados *outliers*, e, em muitos casos, retirados da análise, a depender do intuito do estudo.

Para os casos em que não há evidências de que os dados seguem uma Distribuição Normal, tanto os valores do multiplicador *alfa* quanto dos percentis, são obtidos por meio de experimentação.

Neste caso, será usada a abordagem de obter na prática esses valores, adequando-os ao modelo e ajustando-os conforme necessário, saindo, assim, dos valores conceituais propostos pelo IQR e moldando as medidas para se obter o melhor resultado.

Sendo assim, possuindo ambos os percentis, contabilizando os valores mais altos e mais baixos, encontra-se o intervalo entre eles (1) e calcula-se o limite inferior aceitável (2).

$$\text{Intervalo} = \text{Percentil Superior} - \text{Percentil Inferior} \quad (1)$$

$$\text{Limite inferior} = \text{Percentil Inferior} - \text{alfa} \times \text{Intervalo} \quad (2)$$

Com o limite inferior calculado, é possível identificar os *outliers* do indicador. Esses serão identificados observando em quais momentos o valor do *spread* é menor do que esse limite, indicando possíveis momentos em que houve manipulação.

Por fim, compara-se com a variação de volume daquele instante, para se ter uma comprovação ainda maior de que houve uma manipulação, quando esse valor de variação for consideravelmente grande, suficiente para ser o responsável pela variação do *spread*.

5. EXPERIMENTO NUMÉRICO

Para aplicar a metodologia e avaliar a eficácia da utilização dessa técnica na identificação de casos de manipulação, será utilizado um caso real, de *layering*. A partir deles, um modelo será construído e, posteriormente, utilizado para avaliar a situação da ação escolhida, em um período um ano após o acontecimento, a fim de constatar possíveis casos de manipulação.

5.1. Descrição do caso

Com o intuito de realizar a experimentação, o caso relatado no Processo Administrativo Sancionador CVM Nº RJ 2018/6637 foi selecionado, referente à manipulação das ações MGLU3.

Nesse caso, a prática de *layering* foi aplicada nas ações ordinárias da Magazine Luiza S.A, que previamente se encontrava da forma apresentada na Tabela 7, possuindo um *spread* de R\$0,26.

Tabela 7: Livro de oferta da MGLU3, antes da manipulação

Ofertas de Compra					Ofertas de Venda				
Hora	Part	Investidor	Qtde	Preço (R\$)	Preço (R\$)	Qtde	Investidor	Part	Hora
10:59:33.968	8		100	28,63	28,89	100		8	10:59:34.032
10:59:33.996	45		100	28,63	28,92	500		40	10:59:31.913
10:59:33.967	39		2.000	28,62	28,93	100		85	10:59:31.911
10:59:33.977	45		100	28,62	28,93	100		45	10:59:31.938

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹⁵

Sendo assim, o manipulador insere 16 ordens de venda em um intervalo pequeno de tempo, transformando o *spread*, que era de R\$0,26, em R\$0,03, como na Tabela 8.

¹⁵ Disponível em:

https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220621_PAS_CVM_19957_009452_2018_13_voto_diretor_otto_lobo.pdf

Tabela 8: Livro de oferta da MGLU3, destacando as ordens do manipulador

Ofertas de Compra					Ofertas de Venda				
Hora	Part	Investidor	Qtde	Preço (R\$)	Preço (R\$)	Qtde	Investidor	Part	Hora
10:59:33.968	85		100	28,61	28,64	500	Edgard	39	10:59:48.513
10:59:36.263	45		100	28,61	28,65	100	Edgard	39	10:59:37.719
10:28:55.395	3		1.000	28,58	28,65	200		45	10:59:39.815
10:59:43.937	45		100	28,58	28,66	100	Edgard	39	10:59:37.535
10:28:05.874	114		500	28,50	28,66	200		45	10:59:39.817
10:07:44.838	88		900	28,40	28,67	100	Edgard	39	10:59:37.352
10:02:28.235	174		1.000	28,39	28,67	200		45	10:59:39.820
10:03:24.653	174		500	28,39	28,68	100	Edgard	39	10:59:37.151
10:07:53.598	88		900	28,30	28,68	100		45	10:59:37.160
10:02:50.888	88		5.000	28,25	28,68	100		45	10:59:39.822
10:28:44.154	45		5.000	28,15	28,69	100	Edgard	39	10:59:36.628
10:03:17.772	90		200	28,11	28,69	200		45	10:59:41.468
10:03:09.889	88		800	28,10	28,70	100	Edgard	39	10:59:36.431
10:02:16.377	88		100	28,02	28,72	100	Edgard	39	10:59:36.239
00:00:00.000*	262		100	28,01	28,74	100	Edgard	39	10:59:36.047
10:02:57.737	88		800	28,00	28,76	100	Edgard	39	10:59:35.845
09:49:42.851	58		200	27,84	28,78	100	Edgard	39	10:59:35.656
09:49:42.852	58		200	27,71	28,80	100	Edgard	39	10:59:35.456
09:49:42.852	58		200	27,57	28,82	100	Edgard	39	10:59:35.247
09:49:42.852	58		200	27,43	28,84	100	Edgard	39	10:59:35.039
09:49:42.852	58		200	27,29	28,86	100	Edgard	39	10:59:34.839
09:49:42.853	58		200	27,15	28,88	100	Edgard	39	10:59:34.622

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹⁶

Após ter conseguido simular uma pressão vendedora, diminuindo o preço da ação, ele retira sua posição de venda, como visto na Tabela 9, cancelando as suas ordens.

¹⁶ Disponível em:

https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220621_PAS_CVM_19957_009452_2018_13_voto_diretor_otto_lobo.pdf

Tabela 9: Registro do cancelamento das ordens de venda do manipulador

Ocorrência	Compra/Venda	Hora	Hora do cancelamento	Preço (R\$)	Quantidade	Participante	Cliente	Participante	Cliente	Benefício financeiro (R\$)
Registro	Venda	10:59:34.622	11:00:14.918	28,88	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:34.839	11:00:14.919	28,86	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:35.039	11:00:14.920	28,84	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:35.247	11:00:14.921	28,82	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:35.456	11:00:14.923	28,80	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:35.656	11:00:14.924	28,78	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:35.845	11:00:14.925	28,76	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:36.047	11:00:14.926	28,74	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:36.239	11:00:14.928	28,72	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:36.431	11:00:14.929	28,70	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:36.628	11:00:14.930	28,69	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:37.151	11:00:14.932	28,68	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:37.352	11:00:14.933	28,67	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:37.535	11:00:03.375	28,66	100	39	148537			
Registro	Venda	10:59:37.719	10:59:52.550	28,65	100	39	148537			
Registro	Compra	10:59:49.964		28,64	500			39	148537	
Negócio	Compra	10:59:49.964		28,64	500	45	-	39	148537	125,00

Fonte: Comissão de Valores Mobiliários¹⁷

Dessa forma, ao invés de realizar a compra das ações a um preço de R\$28,89, a realizou por R\$28,64, possuindo um benefício econômico de R\$125,00.

Por fim, o manipulador por conta dessa e de outras práticas que teve durante 2016 e 2017, teve de arcar com uma multa de R\$2.943.283,24, equivalente a uma vez e meia o valor da vantagem econômica obtida, que foi, somando todas as manipulações realizadas, de R\$1.092.826,49 (valor ainda é atualizado pelo IPCA).

Nesse caso, há uma pressão vendedora, em que há uma diminuição do valor de venda e uma reação do mercado em que as ofertas de venda são por um valor menor, fazendo com que as ações possam ser compradas mais baratas.

5.2. Ajustes dos hiperparâmetros

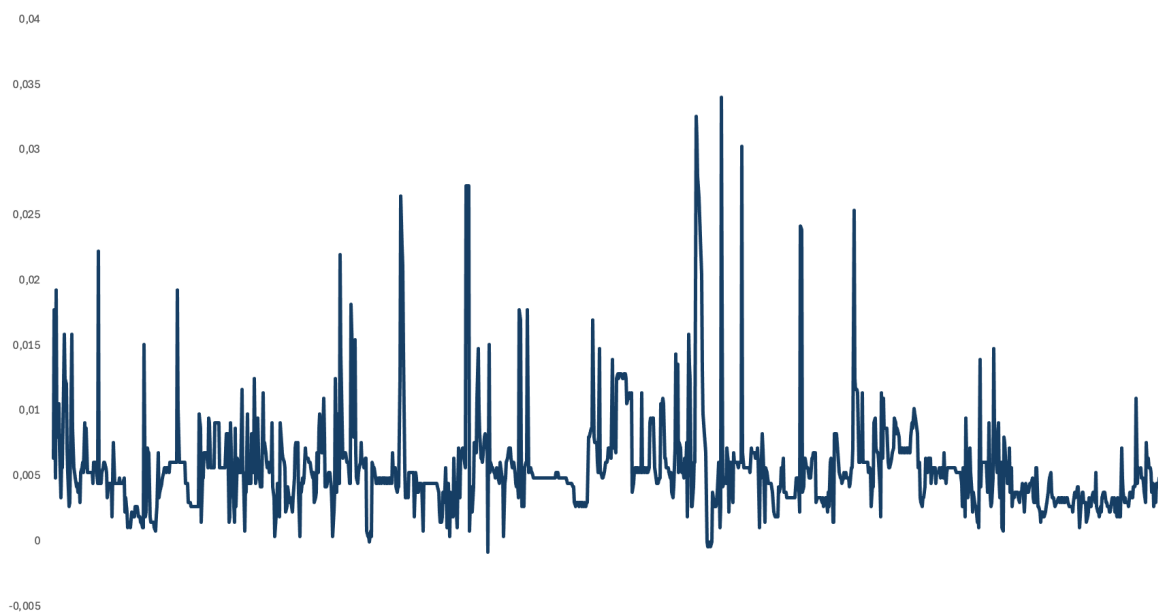
Tendo o caso definido e a data de manipulação estabelecida, obteve-se os dados de *spread* e volume, ambos por minuto, do dia da manipulação e de dois dias antes e depois, no portal da *Bloomberg*. Isso foi realizado para que fosse possível entender o estado de normalidade das ações e, a partir disso, verificar como capturar o comportamento atípico daquele ativo.

¹⁷ Disponível em:

https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220621_PAS_CVM_19957_009452_2018_13_voto_diretor_otto_lobo.pdf

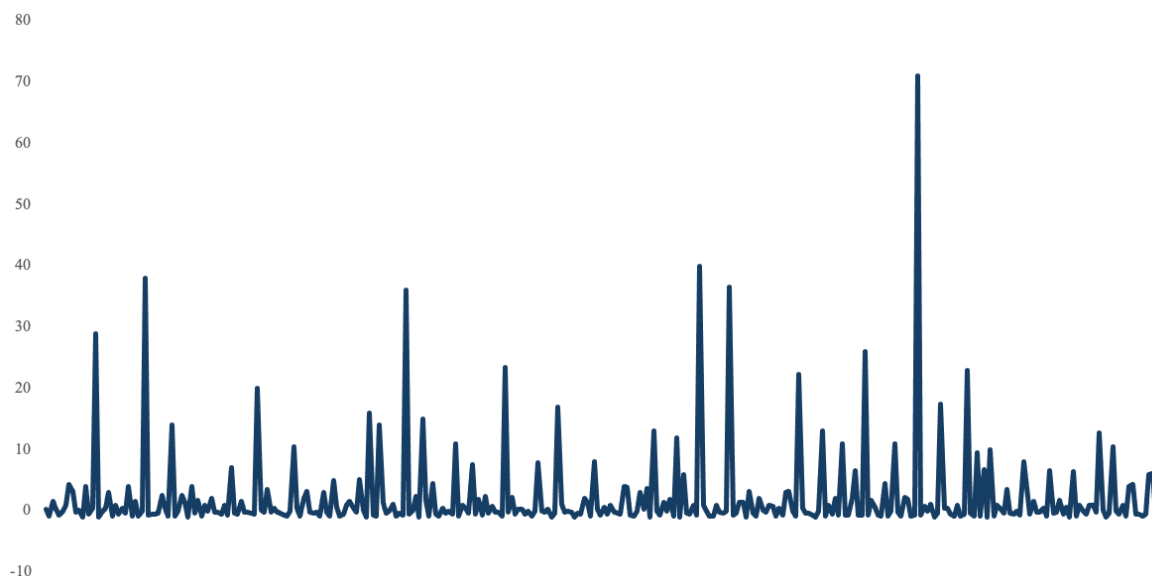
Como a manipulação é decorrente de um aumento do volume de ações ofertadas, e não propriamente do volume, é utilizada a diferença relativa desse indicador, utilizando como base o minuto analisado e o anterior. O Gráfico 1 e Gráfico 2 apresentam a variação do *spread* e volume da MGLU3 entre os dias 14.04.2016 e 20.04.2016.

Gráfico 1: Variação do *spread* da MGLU3 nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016



Fonte: Autoria própria

Gráfico 2: Variação do volume da MGLU3 nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016



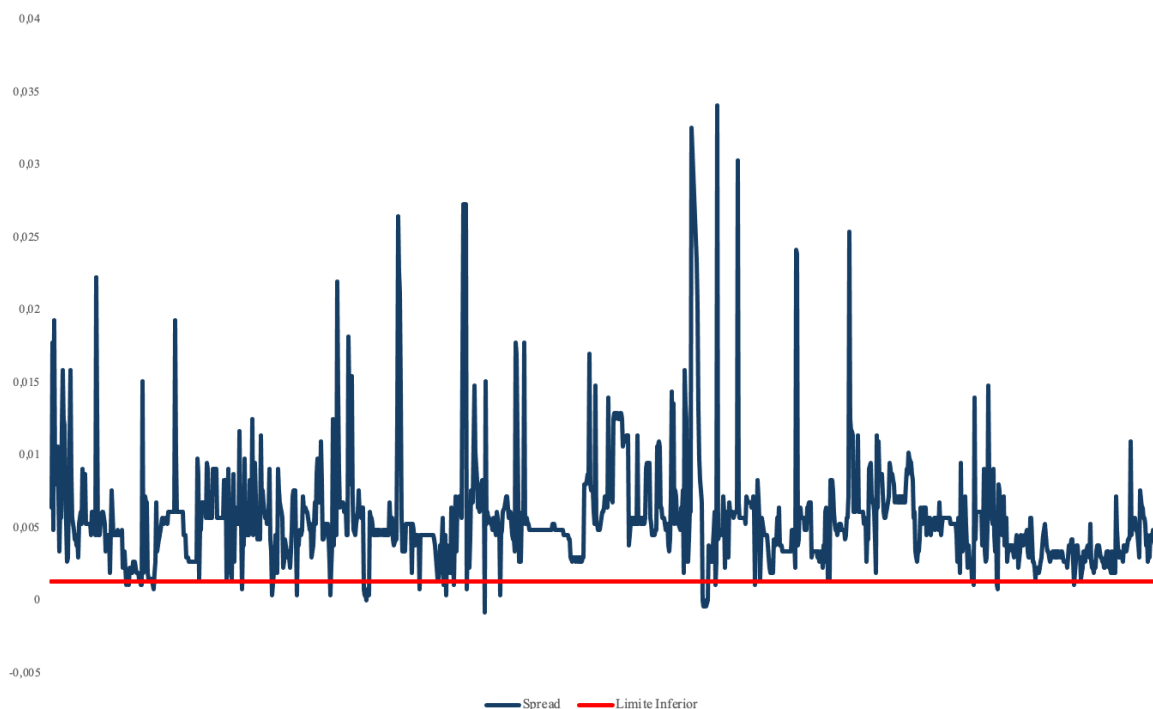
Fonte: Autoria própria

Tendo os dados, passou-se para o cálculo de dois percentis, com os dados de *spread*, para que pudessem ser utilizados a fim de encontrar o intervalo entre eles. Diante disso, utilizando o percentil 0,20, encontrado por meio de testes, chegou-se nos quantis 0,0023 e 0,0061. Dessa forma, subtraindo-os, encontra-se o intervalo de 0,0038.

Como nesse tipo de caso o intuito do manipulador é diminuir o *spread*, será observado apenas casos que ultrapassem o limite inferior, que é calculado como $0,0023 - (0,25 \times 0,0038)$, com o multiplicador 0,25 também sendo obtido por meio de testes. Essa equação resulta em um limite inferior de 0,00135.

Possuindo o limite inferior, é possível identificar alguns comportamentos atípicos nesse período, incluindo o momento em que ocorre a manipulação, conforme apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Identificação dos comportamentos atípicos da MGLU3 nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016

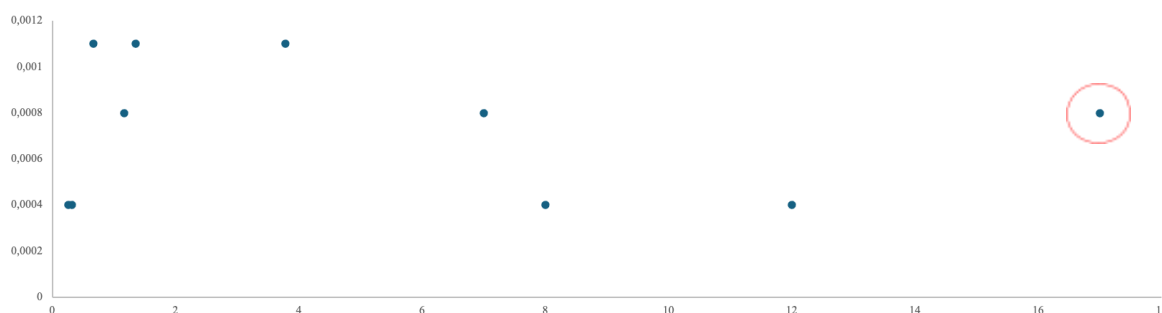


Fonte: Autoria própria

Ademais, para os casos em que o *spread* estiver menor que o limite inferior, é necessário avaliar a variação do volume do ativo naquele minuto, identificando se, nessa métrica, também houve um comportamento atípico.

Sendo assim, por meio do Gráfico 4, que considera apenas os casos citados acima, além de uma variação de volume positiva, é possível relacionar as duas métricas que foram citadas até agora e necessárias para realizar essa avaliação: volume (eixo x) e *spread* (eixo y).

Gráfico 4: Relação do volume com o *spread* da MGLU3 em casos atípicos nos dias 14/04/2016 a 20/04/2016



Fonte: Autoria própria

Logo, pode-se observar que, de todos os pontos iniciais, apenas 10 foram considerados nesse último momento. Desses, alguns contam com uma baixa variação de volume, logo precisariam ser analisados mais profundamente, porém, nos casos em que esse valor é maior, haveria a possibilidade de ter havido alguma atividade ilícita.

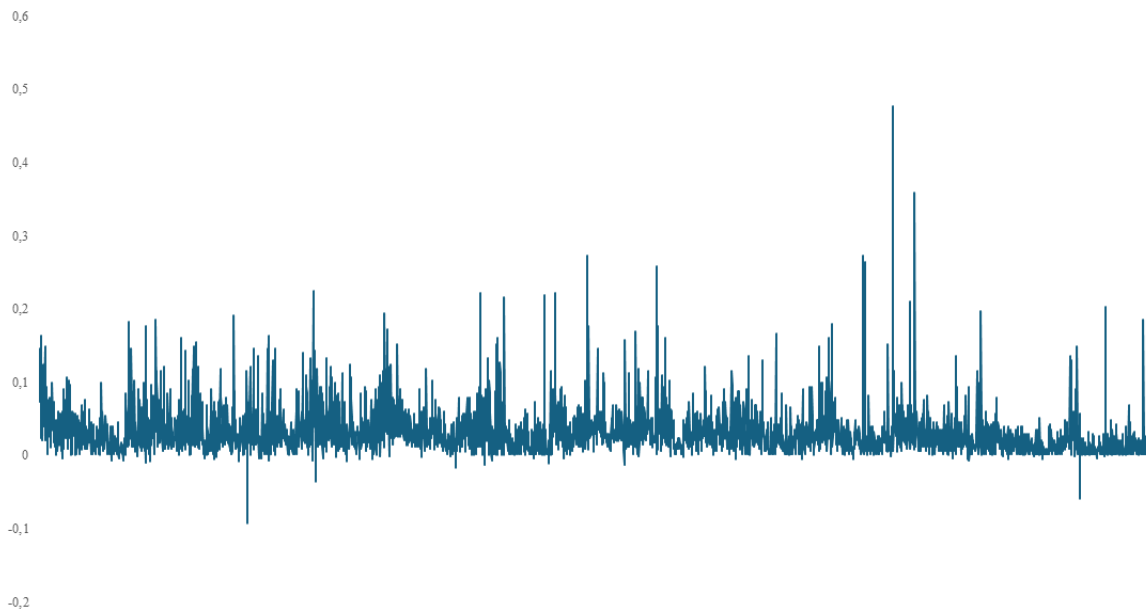
Nesse caso, o ponto mais à extrema direita foi o momento em que ocorreu a manipulação, evidenciando a relação de um spread baixo e uma variação do volume alta.

5.3. *Análise out of sample*

Estando o modelo e os parâmetros definidos, uma análise *out of sample* foi conduzida para avaliar possíveis casos de manipulação e consolidar esse método para observar essas anomalias.

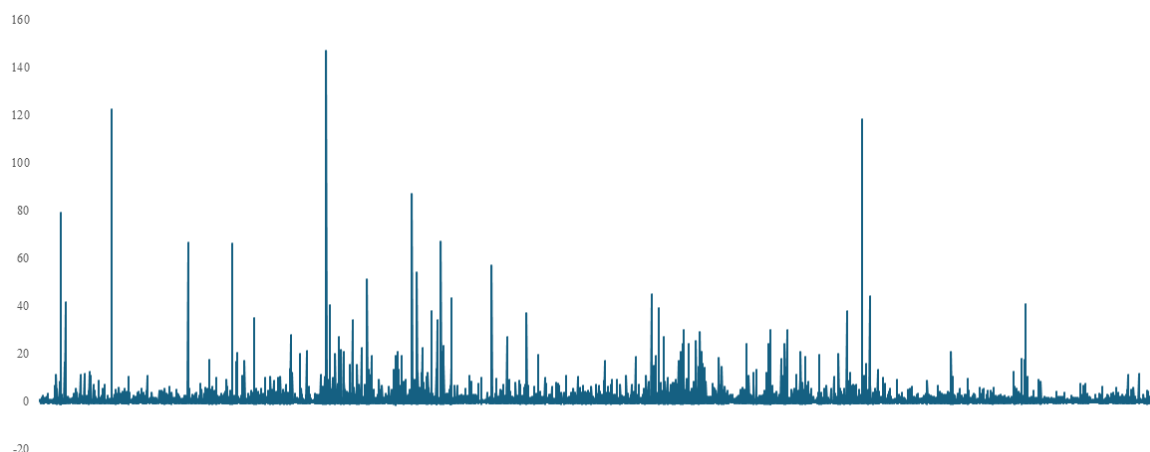
Sendo assim, foram obtidas as mesmas métricas usadas anteriormente, *spread* (Gráfico 5) e volume (Gráfico 6), para a ação MGLU3 no período entre 13/09/2017 à 29/09/2017.

Gráfico 5: Variação do *spread* da MGLU3 nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017



Fonte: Autoria própria

Gráfico 6: Variação do volume da MGLU3 nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017



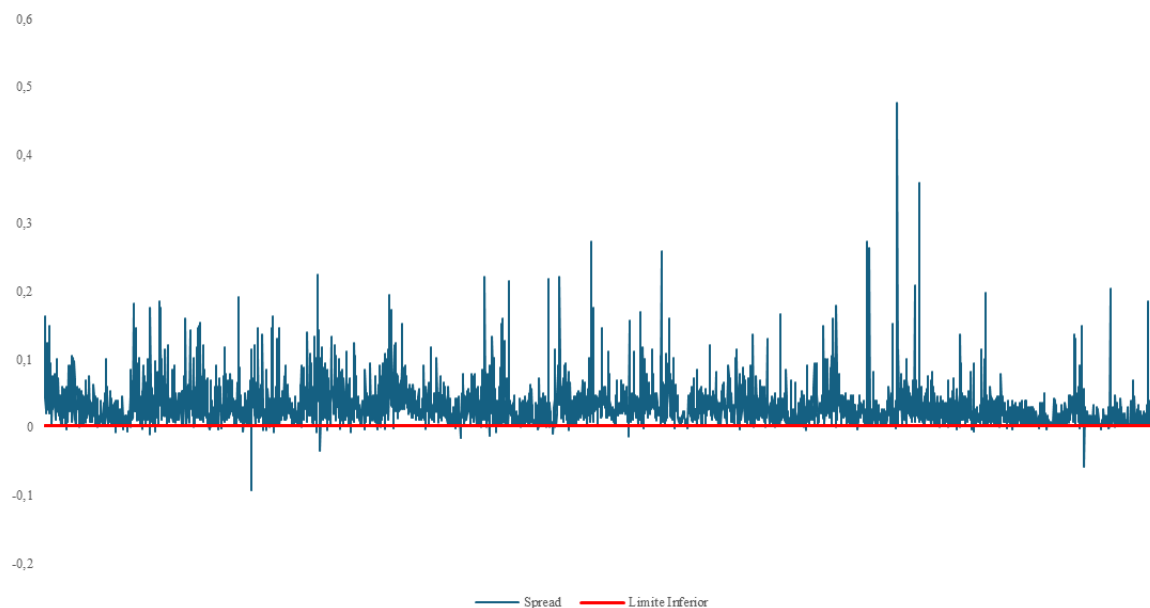
Fonte: Autoria própria

No caso dessa ação, pode-se perceber momentos em que o *spread* é negativo. Isso se dá em breves momentos em que o *bid* está acima do *ask*, em que eventualmente haverá um negócio entre os investidores que fará com que esse valor se corrija e volte a ser positivo.

De qualquer forma, possuindo os dados por minuto desse período, passou-se para o cálculo dos percentis, utilizando os percentis 0,2 e 0,8, estipulados na seção anterior. Dessa forma, se chegou nos valores de 0,0122 e 0,0457 para os respectivos quantis.

A partir dos percentis, foi calculado o intervalo entre eles, de valor 0,0335, para que fosse possível encontrar o limite inferior aceitável. Nesse caso, o valor encontrado, utilizando-se do *alfa* de 0,25, foi de 0,003825 como apresentado no Gráfico 7.

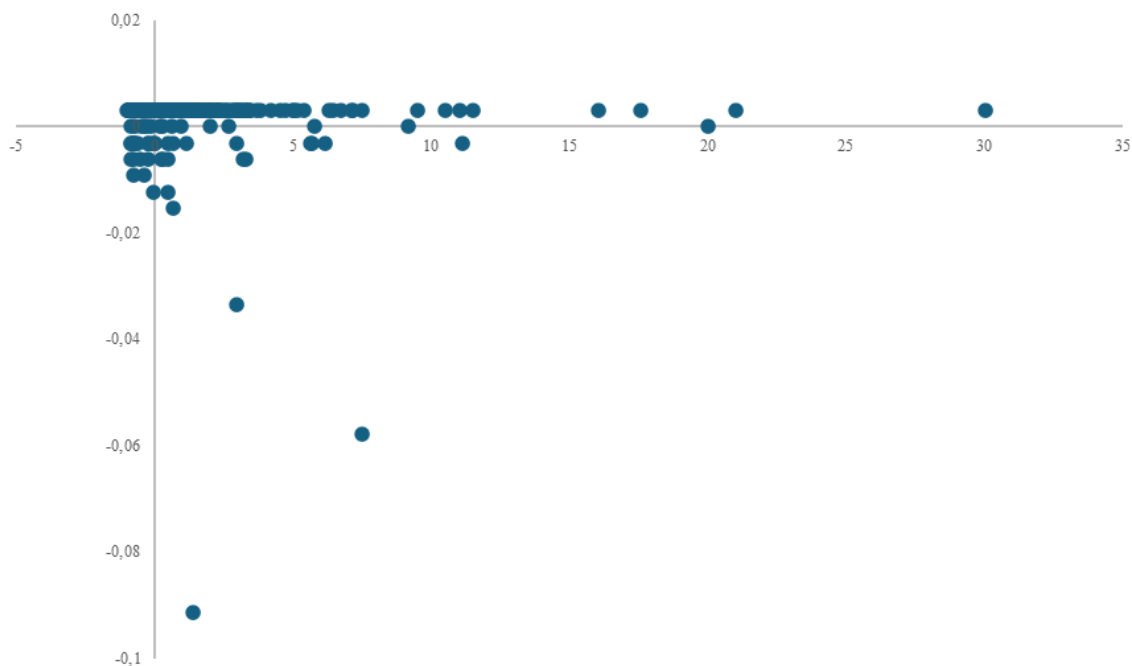
Gráfico 7: Identificação dos comportamentos atípicos da MGLU3 nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017



Fonte: Autoria própria

Diante disso, compara-se os valores de *spread* abaixo do limite inferior com a variação de volume que houve naquele momento, encontrando o Gráfico 8.

Gráfico 8: Relação do volume com o *spread* da MGLU3 em casos atípicos nos dias 13/09/2017 a 29/09/2017



Fonte: Autoria própria

Por meio do gráfico, é possível, dentre os vários momentos em que há anomalias no *spread*, reduzi-los à poucos, quando se adiciona o fator do volume. Dessa forma, alguns poucos momentos restam como possíveis casos de manipulação, principalmente o ponto mais à direita, encontrado às 14h50min do dia 25/09/2017.

A partir disso, é necessário entender o que ocorreu naquele período, para avaliar se houve uma estratégia de *spoofing* ou *layering* iniciada por um participante que causou o impacto nas ações da MGLU3.

6. CONCLUSÃO

A partir dos experimentos e resultados obtidos por este trabalho, há a reafirmação da importância da Inteligência Artificial (IA) como ferramenta fundamental para o fortalecimento da integridade no mercado financeiro, especialmente na identificação e mitigação de práticas fraudulentas como *spoofing* e *layering*. Alinhada aos objetivos inicialmente traçados, a análise demonstra que o uso de algoritmos de IA permite uma detecção mais precisa e rápida dessas práticas, contribuindo diretamente para a criação de um ambiente de negociação mais transparente e seguro.

Os resultados obtidos ao longo deste estudo revelaram que a IA não apenas identifica padrões suspeitos com certa acurácia, mas também permite uma adaptação contínua a novas táticas de manipulação, evidenciando seu potencial de atuação em tempo real. A análise de dados proveniente de fontes robustas, como a *Bloomberg*, e o emprego da técnica de aprendizado de máquina foram fundamentais para confirmar a eficácia desse modelo de monitoramento. Assim, a proposta apresentada atende plenamente ao objetivo de demonstrar que a aplicação da IA, além de viável, é essencial para o avanço da governança de mercado.

Este trabalho, portanto, contribui para o campo do *compliance* e da regulamentação financeira, oferecendo uma perspectiva prática para o combate a atividades fraudulentas e reforçando a importância da inovação tecnológica na manutenção da ordem e confiabilidade dos mercados. A conclusão que aqui se desenha não apenas confirma a relevância dos resultados obtidos, mas também sugere caminhos para futuras pesquisas que possam aprofundar o uso da inteligência artificial em outros aspectos da supervisão financeira, além da criação de modelos mais robustos para realizar o monitoramento dessas atividades.

BIBLIOGRAFIA

ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado Financeiro**. [S.I.]: Atlas, 2021. 404 p.

BONOTTO, Pietro Vinicius. **As fraudes contábeis de Enron e Worldcom e seus efeitos nos Estados Unidos**. 2010. 23 f. Tese - Curso de Ciências Contábeis, Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BSM (org.). **ROTINA DE COMPARTILHAMENTO DE ALERTAS DE LAYERING E SPOOFING DA BSM**. [S.I.], [20--?]. Disponível em: <https://www.bsmsupervisao.com.br/assets/file/Rotina-Layering-Spoofing.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2024.

CALO, Ryan. Digital market manipulation. **George Washington Law Review**, Washington, v. 82, n. 4, p. 995-1051, 01 ago. 2014.

CARTEA, Álvaro. **Algorithmic and High-Frequency Trading (Mathematics, Finance and Risk)**. [S.I.]: Cambridge University Press, 2015. 360 p.

CAVALCANTE, Rodolfo C.; BRASILEIRO, Rodrigo C.; SOUZA, Victor L.F.; NOBREGA, Jarley P.; OLIVEIRA, Adriano L.I.. Computational Intelligence and Financial Markets: a survey and future directions. **Expert Systems With Applications**, [S.L.], v. 55, p. 194-211, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2016.02.006>.

DEKKING, Frederik Michel; KRAAIKAMP, Cornelis; LOPUHAÄ, Hendrik Paul; MEESTER, Ludolf Erwin. **A Modern Introduction to Probability and Statistics**. [S.I.]: Springer, 2005.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Cientistas alertam para 46 efeitos negativos do uso das redes sociais**. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2021/10/cientistas-alertam-para-46-efeitos-negativos-do-uso-das-redes-socias.html>. Acesso em: 16 abr. 2024.

FERNANDO MOURA. Unisuam. **História das redes sociais**. Disponível em: <https://www.unisuam.edu.br/noticias/nota-10/historia-das-redes-sociais/#:~:text=Os%20primeiros%20servi%C3%A7os%20similares%20as,no%20final%20dos%20anos%201990&text=Sim%2C%20houve%20uma%20%C3%A9poca%20em,imaginar%20um%20mundo%20sem%20elas!>. Acesso em: 16 abr. 2024.

HAENLEIN, Michael; KAPLAN, Andreas. A Brief History of Artificial Intelligence: on the past, present, and future of artificial intelligence. **California Management Review**, [S.L.], v. 61, n. 4, p. 5-14, 17 jul. 2019. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0008125619864925>.

HARRIS, Hannah. Artificial Intelligence and Policing of Financial Crime: a legal analysis of the state of the field. *Financial Technology And The Law*, [S.L.], p. 281-299, 2022. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-88036-1_12.

JAMES CHEN. Investopedia. **Ponzi Scheme: Definition, Examples, and Origins**. 2024. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/p/ponzischeme.asp>. Acesso em: 04 out. 2024.

LECUN, Yann; BENGIO, Yoshua; HINTON, Geoffrey. Deep learning. **Nature**, [S.L.], v. 521, n. 7553, p. 436-444, 27 maio 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature14539>.

LEMO, Flávio. **Guia prático para quem tem pressa em investir: Mercado de ações**. [S.I.]: Nova Skill, 2024. 240 p.

LEO, Martin; SHARMA, Suneel; MADDULETY, K.. Machine Learning in Banking Risk Management: a literature review. **Risks**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 29, 5 mar. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/risks7010029>.

LI, Aihua; WU, Jiede; LIU, Zhidong. Market Manipulation Detection Based on Classification Methods. **Procedia Computer Science**, [S.L.], v. 122, p. 788-795, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.438>.

LIMA, Luís Fernando Maia; MAROLDI, Alexandre Masson; SILVA, Dávilla Vieira Odízio da; HAYASHI, Carlos Roberto Massao; HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini. A influência de outliers nos estudos métricos da informação: uma análise de dados univariados. **Em Questão**, [S.L.], p. 216-235, 31 dez. 2018. Faculdade de Biblioteconomia Comunicacao. <http://dx.doi.org/10.19132/1808-5245240.216-235>.

LI, Zhengqiang; WANG, Tao; DRAPEAU, Samuel; TAO, Xuan. Evolution of Chinese futures markets from a high frequency perspective. **Economics & Politics**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 1416-1449, 24 maio 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ecpo.12296>.

LOBO, Otto Eduardo Fonseca de Albuquerque. **PROCESSO ADMINISTRATIVO SANCIONADOR CVM Nº RJ 2018/6637**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220621_PAS_CVM_19957_009452_2018_13_voto_diretor_otto_lobo.pdf. Acesso em: 07 nov. 2024.

LUIZ FELIPE SIMÕES. Estadão. **Pump and Dump: a prática que influencers usam para ganhar dinheiro**. Disponível em: <https://investidor.estadao.com.br/educacao-financeira/como-influencers-usam-pump-and-dump-para-lucrar/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

PERLINGEIRO, Flávia. **EXTRATO DE SESSÃO DE JULGAMENTO DO PROCESSO ADMINISTRATIVO SANCIONADOR CVM nº 19957.006511/2019-82**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: http://antigo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/sancionadores/sancionador/anexos/2022/SEI_19957006511_2019_82.pdf. Acesso em: 07 nov. 2024.

RANGEL, Alexandre Costa. **PROCESSO ADMINISTRATIVO SANCIONADOR CVM Nº 19957.008818/2018-37**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2022/20220719_PAS_CVM_19957_008818_2018_37_voto_diretor_alexandre_rangel.pdf. Acesso em: 07 nov. 2024.

RODRIGO TOLOTTI. Infomoney. **Bernard Madoff, criador da maior fraude financeira dos EUA, morre aos 82 anos**. 2021. Disponível em:

<https://www.infomoney.com.br/mercados/bernard-madoff-criador-da-maior-fraude-financeira-dos-eua-morre-aos-82-anos/>. Acesso em: 04 out. 2024.

SIERING, Michael; CLAPHAM, Benjamin; ENGEL, Oliver; GOMBER, Peter. A Taxonomy of Financial Market Manipulations: establishing trust and market integrity in the financialized economy through automated fraud detection. **Journal Of Information Technology**, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 251-269, set. 2017. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1057/s41265-016-0029-z>.

SILVA, Paula Costa e. **As Operações de Venda a Descoberto de Valores Mobiliários**. [S.I.]: Coimbra, 2010. 84 p.

UBS AG (org.). **COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS PARECER DO COMITÊ DE TERMO DE COMPROMISSO PROCESSO ADMINISTRATIVO SANCIONADOR CVM SEI 19957.009486/2017- 27**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://conteudo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/decisoes/anexos/2021/20210112/1014_18.pdf. Acesso em: 07 nov. 2024.

ZULKIFLEY, Mohd Asyraf; SUKOR, Mohd Edil Abd; MUNIR, Ali Fayyaz; SHAFIAI, Muhammad Hakimi Mohd. Stock Market Manipulation Detection using Artificial Intelligence: A Concise Review. In: 2021 INTERNATIONAL CONFERENCE ON DECISION AID SCIENCES AND APPLICATION (DASA), 2021, Sakheer, Bahrain. [S.L.]: IEEE, 2022. p. 165-169.