

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

FERNANDO SILVA BATOCCHIO

**Análise metodológica da negociação de alta frequência**

SÃO PAULO

JUNHO/2023

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

FERNANDO SILVA BATOCCHIO

## **Análise metodológica da negociação de alta frequência**

Trabalho submetido como exigência parcial

para a obtenção do Grau de Tecnólogo em

Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Orientador: Prof<sup>a</sup> Edméa Pujol Cantón

SÃO PAULO

JUNHO/2023

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

FERNANDO SILVA BATOCCHIO

**Análise metodológica da negociação de alta frequência**

Trabalho submetido como exigência parcial para a obtenção do Grau de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Parecer do Professor Orientado:

O Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Fernando Silva Batocchio atendeu a todas as exigências do Departamento de Tecnologia da Informação.

Conceito/Nota Final: 10/10 → Dez inteiros

Orientador: Prof<sup>a</sup> Edméa Pujol Cantón

SÃO PAULO, 17 de junho de 2023.

*Edméa Pujol Cantón*  
Assinatura do Orientador

Aos meus pais.

A todos os meus professores.

A vida pelas oportunidades de aprendizado e crescimento.

Agradecimentos

Minha família.

DTI da FATEC-SP.

Aos meus Professores da Faculdade de Tecnologia de São Paulo.

## RESUMO

BATOCCHIO, Fernando Silva. Análise metodológica da negociação de alta frequência. 2023. 39 f. Monografia (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Graduação, Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2023.

Este trabalho tem como objetivo analisar as negociações da alta frequência, identificando suas principais características, bem como a infraestrutura necessária a seu funcionamento. Além disso, são apresentadas algumas das estratégias de negociação das firmas de HFT que se tornaram públicas, como *front-running* eletrônico, arbitragem de rebate, arbitragem de mercado lento e manipulação de cotações. Ao final, os impactos aos investidores e ao mercado são abordados. Embora alguns estudos apontem aspectos positivos das operações de alta frequência, outros sugerem o contrário. Parece haver, inclusive, transferência de riqueza de *traders* lentos para *traders* rápidos

**Palavras-chave:** Negociação Algorítmica, *High Frequency Trading*, *Co-location*, Estratégias de Negociação, Arbitragem.

## ABSTRACT

BATOCCHIO, Fernando Silva. Methodological analysis of high frequency trading. 2023. 39 s. Monograph. (Technology in Systems Analysis and Development) – Undergraduate degree, Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2023.

This essay has the aim of analyzing the high frequency trading by identifying its main characteristics as well as the proper infrastructure for its functioning. Furthermore, some negotiation strategies of HFT firms that became public, such as electronic front-running, rebate arbitrage, slow market arbitrage and trading manipulating markets are presented here. At the end of this essay, the impact on the investors and market are also covered. Although some researches show positive aspects of high frequency trading, others may suggest the opposite. Moreover, it seems to exist wealth transfers from slow traders to fast traders.

**Keywords:** Algorithm Trading; High-Frequency Trading; Co-location; Negotiation Strategies; Arbitrage.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Pregão viva voz da bolsa de valores de São Paulo. ....	14
FIGURA 2 - Torre com equipamentos emissores/receptores de micro-ondas. ....	20
FIGURA 3 - <i>Link</i> de laser. ....	20
FIGURA 4 - Exemplo de <i>front-running</i> eletrônico. ....	24
FIGURA 5 - Gráfico exibindo a correlação do ETF SPY e o mini índice futuro do S&P 500 (tempo gráfico de 30 minutos). ....	28
FIGURA 6 - Gráfico exibindo a correlação do ETF SPY e o mini índice futuro do S&P 500 (tempo gráfico de 5 minutos). ....	28
FIGURA 7 - Gráfico exibindo a correlação do ETF SPY e o mini índice futuro do S&P 500 (tempo gráfico de 1 minuto). ....	29
FIGURA 8 - Gráfico do índice DJI em 06 de maio de 2010. ....	31

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Recorte do book (livro de ofertas) para um ativo hipotético. ....	18
TABELA 2 - <i>NBBO</i> para ativo hipotético - HIPO3. ....	25
TABELA 3 - <i>Book</i> (livro de ofertas) para o ativo hipotético - HIPO3. ....	25
TABELA 4 - <i>NBBO</i> alterado após a inserção da ordem pela firma de HFT para ativo hipotético - HIPO3. ....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADR	<i>American Depositary Receipt</i> , são papéis de empresas estrangeiras nas bolsas do Estados Unidos
AT	<i>Algorithmic Trading</i>
B3	Bolsa de valores brasileira sediada na cidade de São Paulo
DJI	<i>Dow Jones Industrial average</i>
ETF	<i>Exchange Traded Fund</i>
FII	Fundos de investimento imobiliário
HFT	<i>High Frequency Trading</i>
NBBO	<i>National Best Bid Offer</i>
RLP	<i>Retail Liquidity Provider</i>
SEC	<i>Securities and Exchanges Commission</i>
S&P 500	Índice do mercado de ações que acompanha o desempenho das ações de 500 das maiores empresas listadas nas bolsas de valores dos Estados Unidos

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	12
Contextualização Histórica.....	12
Apresentação do Problema.....	12
Objetivo Geral .....	13
Objetivos Específicos.....	13
Metodologia .....	13
Justificativa .....	13
Estrutura do Trabalho .....	14
1 ESTRUTURA DAS FIRMAS DE HIGH FREQUENCY TRADING (HFT).....	16
1.1 <i>Algorithmic Trading</i> ou <i>AlgoTrading</i> (AT).....	16
1.2 <i>High Frequency Trading</i> (HFT) .....	16
1.3 Razões para adoção do <i>High Frequency Trading</i> (HFT) .....	16
1.4 Características do <i>High Frequency Trading</i> (HFT).....	17
1.5 Tipos de redes utilizados no HFT.....	19
2 ESTRATÉGIAS DE NEGOCIAÇÃO DAS FIRMAS DE HFT .....	22
2.1 Tipos de ordem predatórias utilizadas pelas firmas de HFT .....	23
2.2 Manipulação de cotações .....	24
2.3 Arbitragem utilizando ETFs.....	26
3 IMPACTOS GERADOS AOS INVESTIDORES E AO MERCADO .....	30
CONCLUSÃO.....	34
SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES .....	39

## INTRODUÇÃO

### Contextualização Histórica

No longínquo ano de 1815, o banco londrino Rothschild utilizou pombos-correio para descobrir que Napoleão havia perdido a batalha de Waterloo. Com base nesta informação, a instituição financeira pode apostar contra os títulos franceses e ganhar uma quantia enorme de dinheiro. Além disso, a Reuters, que é hoje a maior agência de notícias do mundo e iniciou suas atividades em 1843, também fazia uso de pombos-correio. À época, esta era a forma mais rápida para saber, em Londres, o que acontecia no bolsa de Paris (NARANG, 2013).

Se no passado, o uso de pombos-correio foi capaz de trazer vantagens competitivas para alguns, hoje, a situação é radicalmente diferente. Por efeito do avanço das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), ocorrido principalmente nas últimas 3 décadas, as comunicações a nível mundial, e em particular, as transações nos mercados de capitais, são realizadas via linhas de transmissão de fibra ótica de altíssima velocidade, possibilitando que ordens de compra e venda sejam feitas em milésimos de segundo. A mundialização dos mercados, somada a este enorme avanço tecnológico, bem como a vontade de alguns de realizar operações lucrativas no menor espaço de tempo possível, acabaram por gerar um ambiente automatizado de negociação de ativos de alta frequência, que ficou conhecido como “High Frequency Trading” ou HFT ou ainda robôs de alta frequência (PARANÁ, 2018).

### Apresentação do Problema

A pesquisa propõe-se a avaliar o contexto de funcionamento das operações de alta frequência (HFTs) e responder às seguintes questões:

- 1) Qual a estrutura necessária para operação de alta frequência?
- 2) Existem práticas predatórias realizadas pelos robôs das firmas de high-frequency trading? Se sim, quais são elas?
- 3) Em relação aos demais investidores, o modo como as firmas de HFT operam é justo?

## **Objetivo Geral**

O trabalho tem como objetivo geral entender como as firmas de HFT realizam suas operações do mercado financeiro, identificando a estrutura necessária ao funcionamento do negócio, as práticas realizadas e eventual consequência dessas operações para os demais investidores.

## **Objetivos Específicos**

Para se alcançar um entendimento geral das operações de alta frequência e suas consequências para os investidores, foram formulados os seguintes objetivos específicos:

- 1) identificar a estrutura tecnológica essencial que permite o funcionamento das firmas de HFT;
- 2) expor algumas estratégias de negociação de alta frequência;
- 3) avaliar os impactos das operações de alta frequência para os investidores.

## **Metodologia**

A metodologia adotada para esta pesquisa será a pesquisa bibliográfica. Apoiando-se em livros e artigos sobre o tema escolhido serão feitos estudos, os quais visam fornecer uma visão panorâmica das operações de alta frequência, com o objetivo de alcançar os objetivos anteriormente delineados.

## **Justificativa**

Muitos possuem como imagem de uma bolsa de valores, operadores aglomerados, gesticulando e comunicando-se freneticamente, normalmente empunhando um aparelho telefônico. Embora esta cena, como retratada na FIGURA 1, tenha sido tão comum no passado, sendo reiteradas vezes veiculada em jornais, na televisão e no cinema, o fato é que, nos dias atuais, ela faz parte do passado. Atualmente, as pessoas que ali negociavam deram lugar aos computadores, estes cuidadosamente programados com os melhores algoritmos e estratégias de negociação automatizadas possíveis. Se no passado as decisões de compra ou venda de ativos eram feitas por humanos, hoje, o computador (ou melhor o algoritmo baseado na estratégia) assumiu este papel (PARANÁ, 2018).



FIGURA 1 – Pregão viva voz da bolsa de valores de São Paulo.  
Fonte: Museu da B3 (década de 1990).

Os robôs de alta frequência ganham cada vez mais espaço. Considerando somente as transações realizadas nos mercados acionários públicos nos Estados Unidos (lá existem também as bolsas privadas – *Dark Pools*), as firmas de HFT, em 2005, respondiam por 25% de toda a movimentação; em 2008 este patamar saltou para 65% (LEWIS, 2014).

Como ponto adicional, podemos citar que as firmas de negociação de alta frequência apresentam uma lucratividade muitíssimo elevada. Segundo a revista Alfa, um único gestor de uma dessas empresas, Jim Simons, da Renaissance Technologies Corp., em 2008, ano da crise de subprime, teria ganho, sozinho, 2,5 bilhões de dólares. De acordo com o *New York Times*, neste mesmo ano, a maioria dos negociadores de alta frequência tiveram ganhos, ao passo que 70% dos negociadores de baixa frequência perderam dinheiro (ALDRIDGE, 2010).

Tendo em vista seu nível de participação no mercado e a velocidade com que operam, mostra-se relevante conhecer o *modus operandi* das firmas de negociação de alta frequência e quais são as consequências para os investidores.

### **Estrutura do Trabalho**

O trabalho será estruturado da seguinte maneira:

A Introdução apresenta o problema da pesquisa, os objetivos e as justificativas do trabalho.

A pesquisa bibliográfica, que representa o embasamento teórico-conceitual para o desenvolvimento da pesquisa, está dividida em três capítulos:

Capítulo 1 – Estrutura tecnológica do funcionamento das empresas de HFT.

Capítulo 2 – Estratégias de negociação das firmas de HFT.

Capítulo 3 – Impactos gerados aos investidores e aos mercados.

A Conclusão retoma os principais resultados atingidos e sugestões para trabalhos futuros.

## **1 ESTRUTURA DAS FIRMAS DE *HIGH FREQUENCY TRADING* (HFT)**

Este capítulo apresenta as bases do *High Frequency Trading* (HFT). De início, diferencia-se *Algorithmic Trading* (AT) do *High Frequency Trading* (HFT). Passe-se então a abordar as razões que levaram a adoção do HFT, suas principais características e os tipos de redes de comunicação mais utilizados com este modelo de negociação.

### **1.1 *Algorithmic Trading* ou *AlgoTrading* (AT)**

Paraná (2018) informa que, nas décadas de 1980 e 1990, matemáticos, economistas e investidores, associando áreas do conhecimento como teoria do caos, cálculo estocástico, matemática, estatística, teoria dos jogos e também considerando décadas de dados comerciais, criaram modelos complexos com a finalidade de prever o comportamento dos mercados e, assim, obter vantagens nas negociações. O aumento da capacidade computacional, possibilitou a sofisticação ainda maior de tais modelos. Isso tudo viabilizou o surgimento da Negociação Algorítmica (*Algorithmic Trading* ou *AlgoTrading*) que consiste na negociação automatizada por computador, baseada em estratégia predefinida no modelo matemático, com o intuito de realizar compra e/ou venda de ativos para obtenção de ganhos financeiros.

### **1.2 *High Frequency Trading* (HFT)**

Segundo Paraná (2018) o *High Frequency Trading* (HFT) é uma forma de *Algorithmic Trading* capaz de executar as ordens determinadas pelo algoritmo em velocidade altíssima. Para tanto, faz uso de tecnologias de ponta que envolve software, hardware e infraestrutura de redes. Nas versões mais sofisticadas, os HFTs empregam inteligência artificial e aprendizado automatizado para gerar ganhos através do conhecimento da estrutura de negociação dos mercados e informações sobre os fluxos de ordens dos investidores.

### **1.3 Razões para adoção do *High Frequency Trading* (HFT)**

Sobre as razões que levaram a utilização do *High Frequency Trading*:

(...) três grandes princípios gerais que norteiam a adoção desse modelo de negociação: i) economia de trabalho e diminuição de riscos do “fator humano” (emoções, subjetividade) via automação; ii) aumento nas velocidades e

volumes de negociação para a obtenção de ganhos de escala por meio de pequenas arbitragens realizadas milhares de vezes em curtíssimos intervalos de tempo; e, simultaneamente; iii) obtenção de certa “onipresença” na operacionalização das negociações por meio do processamento de alto volume de dados e informações sobre ativos, preços, ofertas e negócios realizados nos mercados. (PARANÁ, p. 250, 2018)

#### 1.4 Características do *High Frequency Trading* (HFT)

Segundo Vaananen (2015), um sistema de HFT eficaz observa os seguintes aspectos: velocidade, *co-location*, latência, liquidez.

No que se refere à velocidade, são utilizadas conexões especialmente rápidas para fazer negociações também muito rápidas, tendo duração de apenas alguns segundos ou até milissegundos. Para garantir alta velocidade na operação, há um investimento constante em sistemas melhores e mais rápidos, com o fim de obter uma vantagem competitiva sobre os concorrentes, vantagem esta que pode ser de um tempo tão pequeno quanto 1 milissegundo. Utilização de tecnologia de última geração, extremamente cara, o que exige alto investimento de capital. Além disso, com o intuito de reduzir ao máximo o tempo de envio das ordens a uma bolsa de valores, o servidor da firma de HFT é colocado “ao lado” (ou tão próximo quanto possível, no mesmo ambiente físico) do servidor central da bolsa de valores, em um procedimento é conhecido como *co-location*. Por fim, os melhores programadores são recrutados para criarem algoritmos precisos e rápidos, implementando as estratégias de negociação automatizadas.

*Co-location* é a principal forma que as empresas de HFT utilizam para obtenção de vantagem competitiva sobre os demais investidores. Estando o servidor da empresa de HFT no mesmo centro de dados da bolsa de valores, decorre uma clara vantagem competitiva em relação aos demais investidores que não podem arcar com o alto custo de estar ali, já que a informação percorre uma distância mínima para transitar do servidor central da bolsa de valores até o servidor da firma de HFT. Fácil perceber que quem está fora do centro de dados da bolsa, não é capaz negociar com a mesma rapidez. O alto custo com o *co-location* é um dos principais motivos da redução da lucratividade do HFT nos últimos anos.

Latência é o intervalo de tempo que compreende o processo de descoberta de um evento, sua análise, decisão do que fazer com ele e eventual execução dessa decisão. Para o funcionamento eficiente do HFT, a latência deve ser a menor possível. Para que isso aconteça, três fatores são importantes: *co-location* (diminuindo ao

máximo o tempo de trânsito dos dados entre o servidor da bolsa e o servidor da firma de HFT), acesso direto ao mercado (acesso direto aos dados do mercado, sem intermediários) e programas algorítmicos rápidos (um programa veloz, é capaz de enviar ordens de maneira mais rápida). A baixa latência permite aos operadores de HFT a visualização do que acontece no mercado quase em tempo real, fornecendo dados aos servidores para disparo das ordens de negociação.

Liquidez, segundo o Dicionário do Investidor da XP, diz respeito a facilidade e rapidez de conversão de um determinado ativo para dinheiro, sem perda significativa de valor (exemplo: ouro, relativamente líquido; imóvel, ativo ilíquido). Antes de adentrarmos na relação HFT com o conceito de liquidez, necessário entender o que significa formador de mercado. De acordo com o *site* da B3, formador de mercado é uma empresa que assume o compromisso de manter ofertas de compra e venda de um determinado ativo, ao longo da sessão de negociação, de forma ininterrupta, o que estimula a liquidez e tende a reduzir variações artificiais nos preços. Em outras palavras, o formador de mercado seria o provedor de liquidez oficial (ou natural). Devido à publicação constante de ordens de compra e venda, os operadores de alta frequência são considerados provedores de liquidez. No entanto, tal denominação não é exatamente correta, já que, a depender da estratégia de negociação utilizada, eles podem atuar como provedores de liquidez ou tomadores de liquidez.

Para melhor elucidar quando os operadores de alta frequência atuam fornecendo liquidez ou não, foi confeccionada a TABELA 1, para um ativo hipotético negociado em bolsa.

TABELA 1 – Recorte do *book* (livro de ofertas) para um ativo hipotético.

<b>Quantidade</b>	<b>Compra</b>	<b>Venda</b>	<b>Quantidade</b>
200	21,10	21,11	1000
100	21,09	21,13	300

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Quanto mais ofertas de compra ou venda deste ativo forem inseridas, maior será a conversibilidade do ativo em dinheiro e, portanto, maior a liquidez. Do contrário, quanto menos ofertas, mais difícil fica a conversão, o que diminui a liquidez. Assim, os operadores de alta frequência, quando atuam enviando um grande número de ordens a uma bolsa, eles estão fornecendo liquidez, de maneira semelhante ao

formador de mercado. No entanto, importante destacar que o formador de mercado tem a obrigação de permanecer operando em qualquer cenário, já que sua obrigação é contratual. As firmas de HFT atuam em favor dos seus próprios interesses e podem sair do mercado quando for conveniente. E quando isso acontece e ordens são retiradas do mercado em milissegundos, drenando a liquidez e podendo causar problemas, especialmente em momentos de forte volatilidade como no Flash Crash de 2010 (VAANANEN, 2015).

### **1.5 Tipos de redes utilizados no HFT**

De acordo com Vaananen (2015), a rapidez com que os dados são transmitidos de um ponto a outro é um dos aspectos cruciais que possibilitam o funcionamento dos operadores de alta frequência. Como um pequeno incremento de velocidade pode gerar vantagem sobre um concorrente, houve uma verdadeira corrida para redução dos tempos de transação, especialmente entre as empresas de HFT. Abaixo são listadas as principais maneiras de transmissão de dados:

- Cabos de fibra óptica: possibilitam que os operadores de HFT transmitam dados em microssegundos, proporcionando uma conexão confiável e com grande largura de banda (grande volume de dados em alta velocidade). Investimentos gigantescos foram feitos para conectar centros financeiros em diferentes localizações geográficas;

- Micro-ondas: transmissores e receptores de micro-ondas são instalados em torres de transmissão, conforme retratado na FIGURA 2 abaixo, e permitem rapidez maior do que a fibra óptica. No entanto, esta velocidade pode ser afetada pelas condições climáticas e os cabos de fibra óptica podem transportar mais dados;



FIGURA 2 – Torre com equipamentos emissores/receptores de micro-ondas.  
Fonte: Jonathan Billinger / *Mast at Twycross Microwave Station* via Wikimedia Commons - (2009).

- Feixes de laser: como retratado na FIGURA 3, esta é a tecnologia mais avançada no momento e foi originalmente utilizada pelos militares para enviar informações. Em comparação com as micro-ondas, ela possui maior largura de banda e é menos suscetível às condições climáticas.



FIGURA 3: *Link* de laser.  
Fonte: Sanngtall, CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons (2007).

No documentário “O código de Wall Street” (*The Wall Street Code*), são mostrados resultados do tempo que leva para um sinal sair da bolsa de Chicago e ir até a bolsa Nasdaq em Nova Iorque:

- micro-ondas: distância de 731 milhas ( $\approx 1176$  km) com tempo de 4,2 milissegundos;
- fibra óptica direta: distância de 825 milhas ( $\approx 1328$  km) com tempo de 6,5 milissegundos;
- fibra óptica original: distância de 1000 milhas ( $\approx 1609$  km) com tempo de 7,3 milissegundos.

Para se ter uma ideia melhor do quanto o tempo importa e da quantidade massiva de dinheiro que alguns estão dispostos a investir nisso, de acordo com matéria publicada no site *Extreme Tech*, projeta-se instalar cabos de fibra óptica submarinos para reduzir a latência em 60 milissegundos entre Londres e Tóquio, ao custo estimado entre 600 milhões e 1,5 bilhão de dólares (ANTHONY, 2012).

## 2 ESTRATÉGIAS DE NEGOCIAÇÃO DAS FIRMAS DE HFT

Este capítulo apresenta algumas estratégias de negociação utilizadas pelas firmas de HFT.

Antes de prosseguirmos com as estratégias propriamente ditas, devemos ter em mente os seguintes conceitos:

- Arbitragem: conforme consta no glossário do investidor do *site* InfoMoney, arbitragem é o tipo de operação que “buscar tirar proveito de variações na diferença de preços entre dois ativos ou entre dois mercados, ou das expectativas futuras de mudanças nessas diferenças sem haver risco de mercado da operação”. Sempre que houver diferença de preço, é possível comprar determinado ativo no mercado à vista e revendê-lo no mercado futuro; outra possibilidade seria realizar operações que envolvem ativos negociados na B3 que tenham ADRs negociados na bolsa americana, comprando onde o preço é menor e vendendo onde é maior.

- *Dark pool*: trata-se de um local privado onde os investidores podem trocar grandes quantidades de ações sem influenciar excessivamente a cotação no mercado e também sem demonstrar suas intenções ao ambiente externo.

- *Front-running*: caracteriza-se pelo uso de uma informação interna e sigilosa, em que o possuidor desta informação toma a dianteira e realiza operações antes de executar a ordem dos seus clientes, para se beneficiar. Assim, um corretor que recebe uma ordem grande de seu cliente para comprar determinado ativo, sabendo que ao realizar a compra o preço irá subir, ele se antecipa, colocando uma ordem sua antes de efetuar a compra de seu cliente, aproveitando da oscilação positiva do preço e revendendo ao final.

- *NBBO (National Best Bid Offer)*: é uma cotação consolidada de todas as bolsas nos Estados Unidos que mostram o melhor preço de compra e de venda para cada ativo. Devido a regulamentação aprovada em 2005, independentemente de onde o ativo é negociado, o comprador deve (ou deveria) sempre fazer a compra pelo menor preço disponível e o vendedor realizar a venda pelo valor máximo que alguém esteja disposto a pagar.

- Rebate (ou taxa de rebate): é uma comissão cobrada por corretoras e bancos, para comercializar, ofertar e distribuir produtos financeiros.

Além disso, no Brasil, a negociação de ativos financeiros é centralizada na B3 (Brasil, Bolsa, Balcão), a qual foi criada em 2017 após a fusão da Bolsa de Valores,

Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBovespa) com a Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos (Cetip). Nela, são negociados ativos como títulos públicos e privados, ações, BDRs, ETFs, FIIs e Índices; fundos; derivativos (moedas e juros), entre outros.

No mercado americano, a situação é diferente. Embora as duas principais bolsas sejam a Bolsa de Nova York (NYSE) e a NASDAQ, existem outras bolsas como: Cboe Options Exchange (CBOE), Chicago Board of Trade (CBOT), Chicago Mercantile Exchange (CME), Chicago Stock Exchange (CHX), International Securities Exchange (ISE), Miami Stock Exchange (MS4X), National Stock Exchange (NSX), Philadelphia Stock Exchange (PHLX).

## 2.1 Tipos de ordem predatórias utilizadas pelas firmas de HFT

De acordo com Lewis (2014), as firmas de HFT produzem “três atividades levando a um volume enorme de negociações bizarramente iníquas e desleais”.

São elas:

- *Front-running* eletrônico: que consiste basicamente em descobrir qual ativo um investidor está tentando negociar em uma bolsa e correr para chegar à frente dele nas demais.

Exemplo de *front-running* eletrônico. Imagine que um determinado investidor queira comprar 100.100 ações (cem mil e cem ações). No momento de envio da ordem de compra ao mercado existiam 100 ações na bolsa 1, 20.000 ações na bolsa 2, 30.000 ações na bolsa 3 e 50.000 ações na bolsa 4, todas com valor de venda de 9,50. Assim que a ordem de compra chega na bolsa 1, o investidor consegue 100 ações ao preço de 9,50, faltando ainda 100.000 ações para completar sua compra. Neste mesmo momento, o operador de alta frequência descobre a intenção do investidor e compra as demais ações que estavam disponíveis nas demais bolsas (bolsa 2, 3 e 4) ao preço de 9,50, retorna a bolsa original e revende o que comprou ao investidor no preço de 9,51. Com isso, o operador de alta frequência ganha a quantia  $100.000 \times 0,01 = 1.000$ , valor este que o investidor pagou a mais do que pagaria se o operador de alta frequência não existisse. A FIGURA 4 a seguir ilustra esta situação.

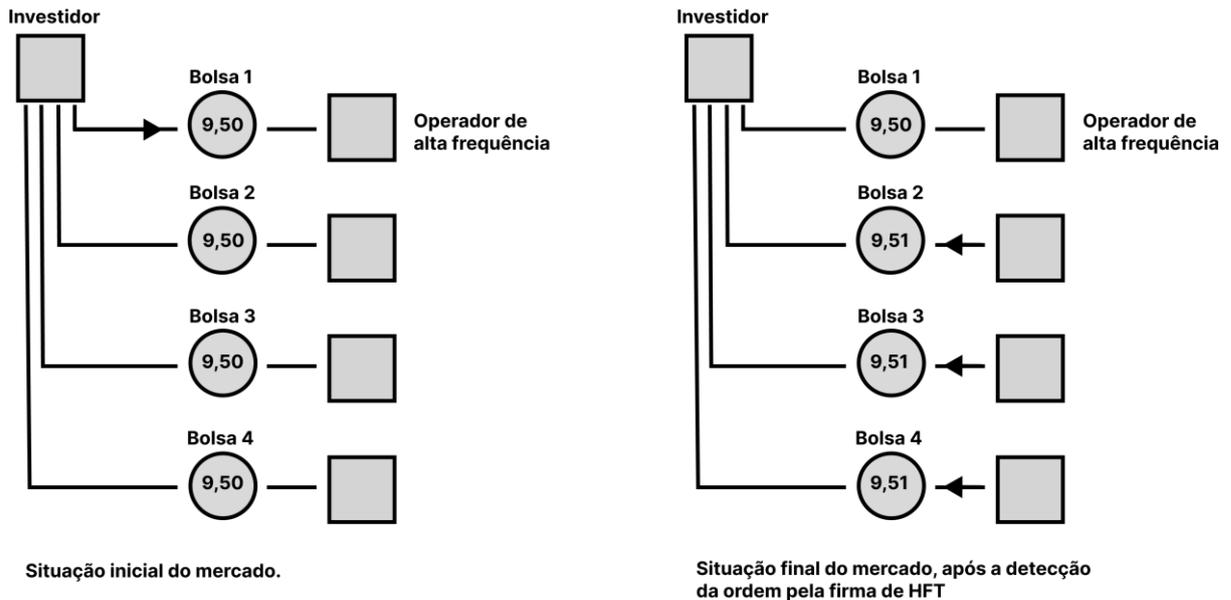


FIGURA 4: Exemplo de *front-running* eletrônico.  
Fonte: elaborada pelo autor (2023).

- Arbitragem de rebate: utilizar a complexidade presente no mercado para embolsar quaisquer comissões que a bolsa oferecesse sem fornecer de fato a liquidez;

- Arbitragem de mercado lento: ao perceber uma mudança de preço de um ativo em uma bolsa, um operador de HFT se adiantava e aproveitava todas as ordens pendentes nas outras bolsas, antes que o preço variasse. Por exemplo, se as ações da P&G estivessem sendo negociadas a US\$ 80 (compra) e US\$ 80,01 (venda) e surgisse um grande vendedor na Bolsa de Nova Iorque e baixasse o preço para US\$ 79,98 (compra) e 79,99 (venda). Um operador de HFT, aproveitando-se de sua enorme velocidade, poderia se adiantar aos demais, comprar o que estiver disponível na Nova Iorque a US\$ 79,99 e vender nas demais bolsas a US\$ 80. Embora em cada ação, o lucro fosse de apenas US\$ 0,01, tais operações realizadas sempre que fosse possível, em todos os pregões, gerava um lucro colossal de bilhões de dólares anuais, muito superior às outras estratégias.

## 2.2 Manipulação de cotações

Segundo Vaananen (2015), esta estratégia de manipulação das cotações somente é viável de ser executada pelos operadores de alta frequência, já que requer uso de alta velocidade.

A estratégia consiste em colocar uma ordem limite com a intenção de mover a *National Best Bid and Offer (NBBO)* a seu favor, realizar a negociação em um *dark pool* e, ao final, cancelar a ordem limite inicialmente colocada.

Normalmente, dentro de um *dark pool*, as negociações são realizadas no preço médio dos mercados públicos. Assim, colocando uma ordem limitada em um mercado público, mesmo não tendo a real intenção de negociar naquele preço, ocorre o deslocamento do NBBO. E a negociação pode ser realizada dentro do *dark pool* com o preço médio alterado.

O algoritmo utilizado pelo operador de alta frequência é o seguinte:

- 1) Coloque uma ordem limitada em um mercado público para mover o preço médio na direção desejada (para mais ou para menos).
- 2) Envie a ordem para ser executada em um *dark pool*, a qual será realizada no preço médio alterado (manipulado).
- 3) Tão logo a ordem tenha sido realizada no *dark pool*, cancele a ordem limite aberta no mercado público.

Na TABELA 2, Segue um exemplo numérico para esclarecer melhor esta estratégia.

Imagine que você queira vender 20.000 ações de uma determinada empresa, cujo código hipotético de negociação é HIPO3.

TABELA 2 – *NBBO* para ativo hipotético - HIPO3.

<b>Quantidade</b>	<b>Compra</b>	<b>Venda</b>	<b>Quantidade</b>
100	80,00	80,50	400

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Das 20.000 ações que se pretende vender, apenas 100 seriam vendidas ao preço de 80,00, as demais seriam vendidas a preços mais baixos, conforme detalhado na TABELA 3 abaixo:

TABELA 3 – *Book* (livro de ofertas) para o ativo hipotético - HIPO3.

<b>Quantidade</b>	<b>Compra</b>	<b>Venda</b>	<b>Quantidade</b>
100	80,00	80,50	400
2.000	79,95	80,55	1.000
14.000	79,90	80,60	200
6.000	79,85	80,65	500
1.000	79,80	80,75	2.000

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Note que, na condição de preço atual, caso a negociação fosse realizada em um dark pool, ela seria feita no preço médio  $((80,00+80,50)/2) = 80,25$ .

No entanto, como mostrado na TABELA 4 abaixo, o operador de alta frequência, para maximizar seus lucros, pode realizar o seguinte expediente: envia uma ordem limite para comprar 100 ações do ativo HIPO3 a 80,45, o que iria alterar o NBBO.

TABELA 4 – NBBO alterado após a inserção da ordem pela firma de HFT para ativo hipotético - HIPO3.

Quantidade	Compra	Venda	Quantidade
100	80,45	80,50	400

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Com esta ordem colocada, o preço médio é alterado para  $((80,45+80,50)/2) = 80,475$ . Imediatamente, a ordem de venda é enviada a um *dark pool*, se for concluída, será realizada neste novo preço médio, totalizando:  $20.000 \times 80,475 = 1.609.500$ .

Caso fosse comprada diretamente a mercado, as compras seriam as que seguem:

$$100 \times 80,00 = 8.000$$

$$2.000 \times 79,95 = 159.900$$

$$14.000 \times 79,90 = 1.118.600$$

$$3.900 \times 79,85 = 311.415$$

Totalizando, na compra a mercado: **1.597.915**.

Ou seja, utilizando-se da manipulação das cotações, neste exemplo hipotético, o operador de alta frequência embolsou, a mais, **11.585 (1.609.500 - 1.597.915)**, em comparação com a venda feita diretamente a mercado. Perceba o lucro gerado em um intervalo de tempo menor que um segundo.

### 2.3 Arbitragem utilizando ETFs

ETFs (*Exchange-Traded Funds*) são fundos de investimento negociados em bolsa e também são conhecidos como fundos de índice. Quem adquire cotas de um determinado ETF, acaba por investir em uma cesta de ações presentes em determinado índice. Por exemplo, no ambiente de negociações da B3, quem investe no ETF BOVA11, adquire uma cesta de ações que correspondem ao índice Bovespa.

Da mesma forma, investidores de SMAL11, compram indiretamente uma cesta de ações que visam acompanhar o índice de Small Caps da B3.

Durante décadas, a arbitragem foi feita basicamente utilizando ações. A forma mais clássica desta operação era feita com ações da IBM quando elas estavam “caras” na bolsa de Londres e “baratas” na bolsa de Nova Iorque, operava-se simultaneamente vendido na bolsa de Londres e comprado na bolsa americana.

Com o passar dos anos e o surgimento de outros instrumentos financeiros como os ETFs, as operações foram se tornando cada vez mais sofisticadas. Com a enorme quantidade de ETFs disponíveis no mercado americano, a estratégia de vender “caro” e comprar “barato” ganhou muitas possibilidades. Por exemplo, pode-se realizar a arbitragem dos ETFs **SPY** e **VOO**, já que ambos buscam replicar o índice S&P 500, o qual compreende 500 ações de grande capitalização nos Estados Unidos. Além do índice propriamente dito, quando ocorre uma assimetria de preço no ETFs, existe a possibilidade de assimetria de preço nas ações que compõem o índice, o que também gera possibilidade de arbitragem (ARNUK, 2012).

Além disso, existe o conceito de *Delta One* (Delta Um). Por exemplo, um ETF não alavancado que acompanha determinado índice, quando o índice subir 1%, o ETF deverá se valorizar também em 1%. Ou seja, há uma forte correlação entre o ETF e o índice deste ETF.

Os grandes bancos possuem mesas de operação especializadas em “delta um”, em que matemáticos e outros analistas de mercado buscam correlações do tipo “delta um” entre ETFs, futuros e outros ativos. Encontrada a correlação, passa-se a arbitragem, com meio das capacidades do HFT, sem a qual tal correção não poderia ser explorada (rentabilizada) com eficiência (ARNUK, 2012).

Da análise dos gráficos contidos nas FIGURAS 5, 6 e 7, consta-se a forte correlação existente entre o ETF SPY e o mini índice futuro do S&P 500.



FIGURA 5: Gráfico exibindo a correlação do ETF SPY e o mini índice futuro do S&P 500 (tempo gráfico de 30 minutos).

Fonte: elaborada pelo autor (2023).



FIGURA 6: Gráfico exibindo a correlação do ETF SPY e o mini índice futuro do S&P 500 (tempo gráfico de 5 minutos).

Fonte: elaborada pelo autor (2023).



FIGURA 7: Gráfico exibindo a correlação do ETF SPY e o mini índice futuro do S&P 500 (tempo gráfico de 1 minuto).

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Na FIGURA 5, praticamente não existem cruzamentos entre as linhas dos gráficos, sendo a diferença menor do lado esquerdo do gráfico e um pouco maior no centro e a direita. Já nas FIGURAS 6 e 7, pode-se notar cruzamentos entre as linhas. Sempre que uma diminuição ou cruzamento ocorrer, abra-se a possibilidade de arbitragem. Em intervalos de tempo menores que 1 segundo, campo de operação das firmas de HFT, os cruzamentos são ainda mais frequentes, abrindo ainda mais possibilidades de operação.

### 3 IMPACTOS GERADOS AOS INVESTIDORES E AO MERCADO

Este capítulo tem como objetivo analisar os impactos gerados aos investidores e ao mercado em decorrência das operações de alta frequência.

Segundo Parker (2023), as operações de alta frequência são um tema controvertido, em que os *traders* discordam entre si e estudos contradizem outros estudos realizados.

Por primeiro, serão abordados os aspectos benéficos.

Aldridge (2010) aponta consequências positivas aos mercados em função das operações de alta frequência:

- aumento da eficiência;
- aumento da liquidez;
- maior desenvolvimento tecnológico;
- estabilização dos sistemas de mercado.

Em estudo realizado por Brogaard *et al. apud* MCNAMARA (2016), foram analisadas 120 ações negociadas na NASDAQ e NYSE, escolhidas de forma aleatória, segregadas *em small, mid e large caps*. A conclusão dos autores foi que o HFT contribui para a descoberta de preços, antecipando esta descoberta em cerca de 3 a 4 segundos.

Pesquisa conduzida por Hendershott *et al. apud* MCNAMARA (2016), analisou, entre fevereiro de 2001 a dezembro de 2005, um conjunto de 943 ações negociadas na NYSE e concluiu que a negociação algorítmica melhora a liquidez para empresas de grande capitalização.

Outro trabalho acadêmico produzido por Hasbrouck e Saar *et al. apud* MCNAMARA (2016), analisou os dados da NASDAQ para dois grupos de ações entre outubro de 2007 e junho de 2008. A pesquisa constatou que a atividade de latência mais baixa, típica dos *HFTs*, implica que a diferença de preço entre as ofertas de compra e venda (*spread*) diminui e ocorre também a redução na volatilidade de curto prazo. Este mesmo estudo verificou o aumento das atividades das empresas de HFT em junho de 2008, momento de maior estresse no mercado causado pela crise financeira deste mesmo ano e concluiu que: “É razoável supor que a maior volatilidade cria mais oportunidades de lucro para os operadores de alta frequência”.

Em relação aos aspectos negativos, seguem as considerações abaixo.

De acordo com Shayan (2023), são considerados pontos negativos dos HFTs:

- Aumento da volatilidade, já que os operadores de alta frequência se utilizam da prática conhecida como “negociação de impulso”, que consiste na compra e venda de ativos com base em movimentos de mercado de curto prazo. Tal situação pode criar flutuações de mercado bruscas e significativas no preço dos ativos, podendo prejudicar investidores de longo prazo;

- Risco de falhas tecnológicas. Devido a sua forte dependência dos algoritmos sofisticados e hardware para execução automatizada de negociações, eventual falha tecnológica pode resultar em uma situação catastrófica. A FIGURA 8 abaixo mostra o chamado “Flash Crash” ocorrido em maio de 2010, quando o Dow Jones Industrial Average caiu mais de 1.000 pontos em questão de minutos, evento que foi em parte creditado aos operadores de HFT;



FIGURA 8: Gráfico do índice DJI.  
Fonte: Wikimedia (06 de maio de 2010).

- Oportunidades limitadas para investidores individuais. As empresas de HFT possuem tecnologia de ponta e infraestrutura altamente avançada, o que confere vantagem considerável em relação aos investidores individuais, sem acesso a estes recursos. Isso pode diminuir as chances para que investidores individuais lucrem;

- Preocupações éticas, pois há quem alegue que as empresas de HFT se envolvem em práticas desleais com outros participantes do mercado, quando, por

exemplo, as empresas de HFT utilizam seus recursos para passar a frente dos outros *traders*, com o intuito de aproveitar os movimentos do mercado.

Estudo conduzido por Kirilenko *et al. apud* MCNAMARA (2016) observou que os operadores de alta frequência não são provedores de liquidez como o fazem os formadores de mercado tradicionais. Na realidade, as firmas de HFT mais lucrativas são aquelas que não fornecem liquidez e o grau de lucratividade aumenta com o grau de atividade agressiva na obtenção de liquidez.

Ao examinar dados de dez ações, selecionadas de maneira aleatória, pertencentes ao índice FSTE 100, negociadas na Bolsa de Londres e nas plataformas Chi-X, BATS, Turquoise e NASDAQ OMX Europe, o economista Kervel *apud* MCNAMARA (2016) concluiu que uma negociação em um local resulta em cancelamentos substanciais de ordens limitadas em outros locais, sendo que “o impacto de uma negociação na liquidez é de fato o dobro do tamanho da negociação”. Este mesmo estudo inferiu também que existe uma inter-relação de liquidez entre os diversos locais de negociação, o que faz com que os valores de liquidez sejam superestimados.

No artigo intitulado *The New Stock Market: Sense and Nonsense*, Fox *et al. apud* MCNAMARA (2016) concluíram que o “*front running* eletrônico” é prejudicial aos *traders* bem informados e sua eliminação tornaria o mercado mais lucrativo a estes investidores e os preços seriam mais precisos. Esta eliminação também beneficiaria a economia em geral e a eficiência alocativa nos mercados de capitais.

Outra questão relevante é se as empresas de HFT prejudicam os investidores de varejo. Segundo Parker (2023), ex-economistas da *Commodity Futures Trading Commission* (CFTC) realizaram estudos sobre as empresas de HFT pelo período de dois anos, com foco no minicontrato futuro do S&P 500. O lucro médio auferido pelas empresas de HFT foi de “US\$ 1,92 para cada contrato negociado com grandes investidores institucionais e uma média de US\$ 3,49 quando negociaram com investidores de varejo.”

Estudo conduzido por Kwan e Philip (2023) concluiu que velocidades de negociação mais rápidas, típicas das empresas de HFT, resultam em transferência de riqueza de *traders* lentos para *traders* rápidos.

Finalmente, resta ainda abordar se o modo como as firmas de HFT operam é justo.

Não se pretende aqui definir o que é justiça, já que a resposta escaparia aos limites deste trabalho e também se mostra variável em função do campo de conhecimento escolhido como filosofia, ética, jurisprudência, política, etc.

Como diretriz para solucionar esta questão, será utilizado o Princípio da Reciprocidade, que pode ser sintetizado na chamada “Regra de Ouro”:

- “faça para os outros o que gostaria que outros fizessem para você mesmo” .

Quando ocorre uma igualdade entre os dois lados de uma troca, pode-se considerar que o Princípio da Reciprocidade foi respeitado. Assim, pode-se considerar que o *front running* eletrônico é injusto, pois afeta negativamente o preço de uma ação, ainda por um valor pequeno.

Analogamente, “o *insider trading* viola o princípio da reciprocidade, pois instintivamente sentimos que não desejaríamos negociar com alguém que tivesse informações sobre um título que, em princípio, estava disponível apenas para alguns” (MCNAMARA, 2016).

Perceba que, como os operadores de alta frequência obtêm informações sobre os ativos negociados antecipadamente em relação aos demais investidores, então há, em favor dos primeiros, uma vantagem competitiva permanente, como se fizessem um *insider trading* de maneira contínua e, ainda que esta vantagem seja de frações de segundo, ela é o suficiente para que eles lucrem – e muito!

## CONCLUSÃO

A negociação algorítmica de alta frequência fornece um exemplo muito interessante de aplicação da tecnologia da informação ao mercado financeiro, utilizando-se de tecnologia de ponta, seja em termos de software altamente especializado, seja em termos de hardware. Em um ambiente de negociação em que a competição por velocidade se mostra de primeira importância, cada detalhe da implementação é fundamental: conexões de alta velocidade, servidores dedicados colocados juntamente com os servidores da bolsa de valores, códigos de alta qualidade para reduzir ao máximo o tempo de processamento e execução.

Em que pese não seja possível saber a totalidade das estratégias utilizadas pelas firmas de HFT, já que, por óbvio, não há interesse em divulgá-las, foi possível identificar algumas dessas estratégias que constam na literatura especializada: “front-running eletrônico”, arbitragem de rebate e arbitragem de mercado lento, além da manipulação das cotações.

Sobre os impactos gerados aos investidores em função das negociações de alta frequência, o tema é bastante controverso, sendo que alguns estudos apontam em uma direção e outros sobre o mesmo tema parecem apontar na direção diametralmente oposta. É o caso, por exemplo, do aumento da liquidez, em que em algumas situações os operadores de alta frequência atuam como fornecedores de liquidez e em outras como tomadores. Ainda que a investigação conduzida pela SEC não tenha apontado as firmas de HFT como culpadas pelo *Flash Crash* de 2010, parte do mercado credita a eles a culpa por este evento bastante danoso. No mais, situações como o *front running* eletrônico, são prejudiciais aos investidores de varejo, já que impõe a eles um preço superior ao que pagariam se as firmas HFT não existissem.

## SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Pesquisar, no mercado brasileiro, o funcionamento *Retail Liquidity Provider (RLP* ou Provedor de Liquidez para o Varejo) e verificar eventual similaridade com os Dark Pools que existem no mercado americano e possível ligação com os operadores da alta frequência. Dentro desta mesma perspectiva, verificar qual a ligação do RLP com a redução das taxas de corretagem e com corretoras que isentam os investidores dos custos de corretagem.

Investigar, no mundo das criptomoedas, se a promessa de justiça e transparência, idealizada no *blockchain* e nos *smart contracts*, tem sido realmente respeitada. Este tema foi objeto do seguinte artigo, publicado pela Cornell University: *Flash Boys 2.0: Frontrunning, Transaction Reordering, and Consensus Instability in Decentralized Exchanges*.

Considerando que o número de investidores de fundos de investimento imobiliários, no Brasil, é superior a 2 milhões, torna-se relevante uma análise de eventual operação das firmas de HFT também neste mercado, ainda dominado por investidores não institucionais (pessoas físicas).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIDGE, Irene. **High-frequency trading: a practical guide to algorithmic strategies and trading system.** John Wiley & Sons, 2010;

ALVARENGA, Cristiano. **Bolsa de Valores no Brasil: conheça a história do mercado de capitais até a chegada da B3.** Disponível em: <https://fiiibrasil.com/mercado/historia-bolsa-de-valores-brasil/> Acesso em: 3 abr. 2022;

ANTHONY, Sebastian. **\$1.5 billion: The cost of cutting London-Tokyo latency by 60ms.** 2012. Disponível em: <https://www.extremetech.com/extreme/122989-1-5-billion-the-cost-of-cutting-london-toyko-latency-by-60ms>; Acesso em: 25 mar. 2023;

ARNUK, Sal. SALUZZI, Joseph. **Broken Markets: How High Frequency Trading and Predatory Practices on Wall Street Are Destroying Investor Confidence and Your Portfolio.** Pearson Education LTD. 2012;

BILLINGER, Jonathan. **Torre com equipamentos emissores/receptores de micro-ondas.** 2009. 1 Fotografia. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mast\\_at\\_Twycross\\_Microwave\\_Station\\_-\\_geograph.org.uk\\_-\\_1264437.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mast_at_Twycross_Microwave_Station_-_geograph.org.uk_-_1264437.jpg) Acesso em: 24 mai. 2023.

B3. **Formador de mercado.** Disponível em: [https://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/negociacao/formador-de-mercado/como-funciona](https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/formador-de-mercado/como-funciona); Acesso em 23 de março de 2023;

CNN. **Gráfico do índice DJI em 06 de maio de 2010.** 1 Figura. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52602320>; Acesso em: 19 mai. 2023.

Cotações B3. **Ações, BDRs, ETFs, FIIs, FIPs, Índice.** Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/cotacoes/b3/>; Acesso em: 2 abr. 2023;

DAIAN, Philip *et al.*. **Flash Boys 2.0: Frontrunning, Transaction Reordering, and Consensus Instability in Decentralized Exchanges.** Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1904.05234#>; Acesso em: 7 abr. 2023;

Fincyclopedia. **Delta One ETF.** Disponível em: <https://www.fincyclopedia.net/finance/d/delta-one-etf>; Acesso em: 9 abr. 2023;

Infomoney. **Glossário de fundos.** Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/onde-investir/glossario-de-fundos-conheca-os-principais-termos-utilizados-nesse-mercado/>; Acesso em: 9 abr. 2023;

\_\_\_\_\_. **Glossário financeiro.** Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/glossario/>; Acesso em: 27 mar. 2023;

KWAN, Amy. PHILIP, Richard. **High-frequency trading and execution costs**. Disponível em: [https://c.mql5.com/forextd/forum/171/high-frequency\\_trading\\_and\\_execution\\_costs.pdf](https://c.mql5.com/forextd/forum/171/high-frequency_trading_and_execution_costs.pdf); Acesso em: 21 mai. 2023;

LEWIS, Michael. **Flash Boys: Revolta em Wall Street**. Editora Intrinseca, 2014;

LIMA, Monique. **Fundos imobiliários atingem 2 milhões de investidores; veja os mais populares**. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-money/2023/02/fundos-imobiliarios-atingem-2-milhoes-de-investidores-veja-os-mais-populares/>; Acesso em: 9 abr. 2023;

MCNAMARA, S. **The Law and Ethics of High-Frequency Trading**. Minnesota Journal of Law, Science & Technology. 2016. Disponível em: <http://scholarship.law.umn.edu/mjlst/vol17/iss1/2>; Acesso em: 19 mai. 2023;

MEERMAN, Marije. **The Wall Street Code**. Produção: VPRO documentary. Pesquisa: Gerko Wessel; Holanda. 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kFQJNeQDDHA>; Acesso em: 24 mar. 2023.

MORAH, Chizoba. **What Are All of the Major US Stock Exchanges?** Disponível em: <https://www.investopedia.com/ask/answers/08/security-market-usa.asp>; Acesso em: 2 abr. 2023;

MOSER, Friedrich, WUNDERER, Daniel Andrew. **Money Bots: The truth behind high-frequency trading**. Produção: Blue+Green Communication. Austria. 2020. 1 vídeo (52 min.). Disponível em: [https://www.msn.com/en-ca/video/more\\_sports/money-bots-the-truth-behind-high-frequency-trading-featured-documentary/vi-AAKbJXL](https://www.msn.com/en-ca/video/more_sports/money-bots-the-truth-behind-high-frequency-trading-featured-documentary/vi-AAKbJXL); Acesso em 2 de abril de 2022;

Museu da Bolsa do Brasil. **[Pregão viva voz da bolsa de valores de São Paulo - década de 1990]**. Figura 1. Disponível em: <https://mub3.org.br/acervo/>. Acesso em: 25 mar. 2023;

NARANG, Rishi. **Inside the Black Box**. A Simple Guide to Quantitative and High-Frequency Trading. John Wiley & Sons, 2013;

PARANÁ, Edemilson. **A finança digitalizada**: informatização a serviço da mundialização financeira. Nova Economia. 28, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6351/3362>. Acesso em: 17 abr. 2022;

PARKER, Tim. **Has High Frequency Trading Ruined the Stock Market for the Rest of Us?**, Disponível em: <https://www.investopedia.com/financial-edge/0113/has-high-frequency-trading-ruined-the-stock-market-for-the-rest-of-us.aspx>, Acesso em: 15 mai. 2023;

SANNGETALL. **Link de laser**. 2007. 1 fotografia. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laserlink\\_hss46.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laserlink_hss46.jpg). Acesso em: 24 mai. 2023.

SETH, Shobhit. **The World of High-Frequency Algorithmic Trading**. Investopedia. 2021. Disponível em: <https://www.investopedia.com/articles/investing/091615/world-high-frequency-algorithmic-trading.asp>; Acesso em: 23 mar. 2023;

SHAYAN, Amir (2023). **Exploring the Pros and Cons of High-Frequency Trading**. Trade Stock Markets. Disponível em: <https://tradestock.markets/the-pros-and-cons-of-high-frequency-trading/>; Acesso em: 19 mai. 2023;

STUMPF, Kleber. **O que é *Front Running*, Insider Information e como funciona?** <https://www.topinvest.com.br/front-running/>; Acesso em: 27 mar. 2023;

Trading Hours. **List of Stock Markets**. Disponível em: <https://www.tradinghours.com/markets>; Acesso em: 22 abr. 2022;

VAANANEN, Jay. **Dark Pools and High Frequency Trading For Dummies**. John Wiley & Sons, 2015;

XP. **Dicionário do investidor**. Disponível em: <https://investsmartxp.com.br/dicionario-do-investidor/>; Acesso em: 23 mar. 2023.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES

BODEK, Haim. **The Problem of HFT: Collected Writings on High Frequency Trading & Stock Market Structure Reform**. Decimus Capital Markets. 2013;

MEERMAN, Marije. **Flash Crash 2010**. . Produção: VPRO documentary. 2011. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aq1Ln1UCoEU>. Acesso em: 15 abr. 2023.

WOLWACZ, Alexandre. **O futuro do daytrade!** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=l6QJ4ALOXxg>. Acesso em: 22 abr. 2022;