

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Econômicas e Gerenciais
Curso de Ciências Econômicas

Rafael Bechara Affonso

**O IMPACTO DO HIGH-FREQUENCY TRADING NA RELAÇÃO VOLATILIDADE-
PREÇO NO MERCADO ACIONÁRIO**

Belo Horizonte
2018

Rafael Bechara Affonso

**O IMPACTO DO *HIGH-FREQUENCY TRADING* NA RELAÇÃO VOLATILIDADE-
PREÇO NO MERCADO ACIONÁRIO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. M.e. Ario Maro de Andrade

Belo Horizonte

2018

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Econômicas e Gerenciais
Curso de Ciências Econômicas

*Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas da Pontifícia
Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Ciências Econômicas.*

**O IMPACTO DO HIGH-FREQUENCY TRADING NA RELAÇÃO VOLATILIDADE-
PREÇO NO MERCADO ACIONÁRIO**

RESUMO DAS AVALIAÇÕES:

1. Da banca examinadora

2. Do professor orientador

3. Nota Final

Conceito

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Ario Maro Andrade, por ter orientado a execução desta monografia e se esforçado para sempre preservar os meus desejos do que ela deveria ser, sempre orientando e nunca impondo.

Agradeço a Flávia Fernandes por sempre ter dado as dicas necessárias para um trabalho mais apurado e ter me auxiliado nos quesitos estéticos do trabalho.

Agradeço ao Gabriel Franco por ter me feito companhia durante grande parte do processo de criação deste trabalho, sempre rindo e lamentando comigo toda a jornada que foi o oitavo período do curso de Ciências Econômicas.

E todos meus outros amigos que auxiliaram nos contextos que vivi durante a escrita deste trabalho, não precisam sentir menores do que os supracitados, os nomes vão para aqueles que tiveram impactos mais diretos na monografia.

E, por último, agradeço a todos aqueles que também se esforçaram para desenvolver o conhecimento sobre o High-Frequency Trading, hoje podem ser poucos, mas estão construindo uma base sólida para um campo que tende a no futuro ter cada vez mais atenção da comunidade acadêmica.

“[...] ideias e somente ideias podem iluminar a escuridão.”

(MISES, 2010, p 101)

RESUMO

Esta monografia discutiu o impacto da introdução dos mecanismos de negociação em alta frequência sobre o comportamento dos preços dos ativos nos mercados financeiros. Para alcançar o objetivo proposto foi realizado estudo no contexto teórico do ambiente no qual o High-Frequency Trading opera, bem como foram destacados aspectos de sua funcionalidade, junto aos estudos relevantes que utilizam de ferramentas empíricas e teóricas para discutir o tema. Para tal feito, primeiramente foi feita uma revisão sobre a estrutura do mercado financeiro, dado maior destaque aos segmentos que o HFT tem maior participação, em seguida um estudo sobre o comportamento da volatilidade, da relação entre volume e volatilidade, ponto chave deste trabalho. Dando continuidade foi feito um adendo sobre as formas existentes para análise de valores mobiliários, já que é através destes mecanismos que o HFT opera e toma suas decisões. Por último foi feito um estudo sobre o algotrading e o próprio HFT, junto a uma revisão de trabalhos anteriores que abordaram o tema, inclusive no Brasil. O resultado final da leitura é de que o HFT tem impacto sim na volatilidade dos preços, mas os preços médios não sofrem impactos tão radicais, além de que ainda é uma área carente de mais estudos, carência essa muito devida a exigência de conhecimento em ciência da computação e finanças, já que grande parte dos pesquisadores dominam via de regra apenas uma das áreas elencadas.

Palavras chave: Volatilidade. Volume. HFT. Latência

ABSTRACT

This monograph discussed the impact of the high-frequency trading's introduction over the price behavior of financial market. For this objective, a theoretical study about the ambient that HFT is integrated and how it works was made, besides using other papers, empirical and theoretical, about this content. Firstly, a review was made of the structure of the financial market, giving more attention to the segments with the highest level of HFT participation, followed by a study on the volatility behavior and the relationship between volatility and volume, a key point of this job. Continuing, an asset analysis addendum has occurred because this is the mechanism to make HFT work. Finally, a study on algo trading and HFT was carried out, as well as a review of previous work on this subject, including in Brazil. The final result was that HFT has a real impact in price volatility, but a less substantial impact in the prices average, across the fact this subject lacks in studies, due to the high stand required knowledge in computer science and finances, as, commonly, researchers are focused on one of these subjects.

Keywords: Volatility. Volume. HFT. Latency

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - *CANDLESTICKS*31

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- OFERTA X DEMANDA DO MERCADO ACIONÁRIO	40
GRÁFICO 2- OFERTA X DEMANDA DO MERCADO ACIONÁRIO PÓS HFT.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CVM	Comissão de Valores Mobiliários
HFT	High-Frequency Trading
MACD	Moving Average Convergence Divergence
PHL	Price High-Low
POC	Price Open-Close
RSI	Relative Strength Index
SEC	Securities and Exchange Commission

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2. MERCADO FINANCEIRO.....	15
2.1. Mercados englobados.....	15
2.1.1. <i>Mercado monetário</i>	15
2.1.2. <i>Mercado de crédito.....</i>	16
2.1.3. <i>Mercado de capitais</i>	17
2.1.4. <i>Mercado cambial</i>	19
2.2. Manutenção e regulação do mercado financeiro	20
3. VOLATILIDADE, VOLUME E MARKET DEPTH.....	21
4. ANÁLISE DE ATIVOS	27
4.1 <i>Análise fundamentalista</i>	27
4.2 <i>Análise técnica</i>	29
5 O ALGOTRADING E O HIGH FREQUENCY TRADING.....	34
5.1 <i>As controvérsias do High-Frequency Trading.....</i>	36
5.2 <i>Os benefícios do High-Frequency Trading</i>	38
5.3 <i>O High-Frequency Trading no Brasil.....</i>	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

As bolsas de valores são as entidades jurídicas que permitem o relacionamento entre os *players*, operadores dos mercados em questão, e o ativo que caracteriza a renda variável e a operação de risco (ASSAF NETO, 2012).

Assaf Neto (2012, p. 69) destaca o principal motivo para se prezar pelas bolsas de valores, apontando que: a “principal razão da existência da bolsa de valores é proporcionar liquidez aos títulos, permitindo que as negociações sejam realizadas no menor tempo possível, a um preço justo de mercado, formado pelo consenso de oferta e procura”.

Os preços das ações funcionam de acordo com a logística da oferta e da procura, quando a ação de uma empresa tem muita demanda é natural que o preço se eleve e o contrário ocorre quando muitos estão em posse da ação e não existe demanda para a venda (ASSAF NETO, 2012).

Dentro do mercado já existe a participação automatizada de negociação. A introdução de um elemento novo no processo de negociação tradicional das bolsas de valores, onde o agente humano era peça importante do sucesso das operações introduz uma dinâmica nova para o mercado de compra e venda de ativos financeiros. Em especial, a velocidade das negociações é alterada de forma vertiginosa abrindo a possibilidade do aumento da volatilidade nos negócios.

Nessa linha de discussão, pode-se destacar que existem robôs que são previamente configurados para a compra ou venda de um ativo ao se depararem com um conjunto de padrões que estabelecem alguma forma de tendência na formação dos preços, como também uma sinalização de qual posicionamento deve ser tomado quando utilizado os indicadores formulados pela análise técnica ou alguma notícia que provoque alterações no preço esperado do ativo. (BIAIS, WOOLLEY, 2011)

Para que seja possível operar no mercado, os robôs utilizam de algoritmos, algo como uma receita de bolo, como esqueleto de funcionamento. O algoritmo é baseado na coleta e processamento de dados que podem ser extraídas do ambiente financeiro, assim se posiciona como comprador ou vendedor através da capacidade de lançar ordens de mercado. (BIAIS, WOOLLEY, 2011).

Existem diversos tipos de robôs, os mais simples e os mais arrojados. Os mais simples são utilizados por *players* que operam pelos *brokers*, plataformas

caseiras de negociação nas bolsas, esses robôs têm como função organizar as ordens de compra e venda, distribuir as operações e executar as ordens. Os robôs mais arrojados, utilizados por bancos de investimento e fundos de Hedge, fazem todo o processo de análise e negociação em uma velocidade elevada, são as operações de alta frequência, ou como são conhecidas no setor, *High-Frequency Trading*, o HFT (BIAIS, 2011).

Para ambientar a questão dos HFT deve ser destacado os dois principais tipos de análise de preços de ativos, a saber: a análise técnica e a análise fundamentalista. A análise técnica utiliza-se de padrões e tendências abstraídos estatisticamente de diversos períodos históricos. A análise fundamentalista adota como ponto de investigação a microeconomia e a macroeconomia para compreensão do potencial de lucro da empresa. Menos relevante que os dois principais tipos, mas ainda assim digna de menção, existe também a análise de notícias, usando de notícias sobre o cenário econômico em que o título está posicionado com o propósito de prever a reação do mercado. Os robôs utilizam estas análises em seus algoritmos, elas estão inseridas em sua estrutura de comportamento frente aos preços (MARTINI, 2015).

O HFT é uma das formas que os robôs de operação podem se apresentar. A sua lógica central é operar dentro do curto prazo, lançando ordens de compra e venda em um alto nível de velocidade, fazendo pequenos ganhos com um grande volume de operações. Martini (2015, p. 8) comenta:

Por exemplo, se um algoritmo lê um sinal de compra de um lote de 100.000 ações negociado a um preço de 10 unidades de moeda por ação e, no próximo segundo, cada uma das ações passa a valer 10,05 unidades de moeda, aliado à leitura do algoritmo de um sinal de venda, o investidor acaba de realizar um lucro de 5.000 unidades de moeda com a venda deste pacote. Agora multiplique este exemplo diversas vezes, com diversos papéis, tipos de operações e mercados, e ficará claro o impacto dessa tecnologia.

O HFT apresenta certos atrativos, uma velocidade maior frente a capacidade humana de detectar variações de preço, busca mais focada por títulos de maior liquidez, capacidade de operação em mercados fragmentados (mais de uma entidade para negociação), redução de preços pela maior eficiência, maior reconhecimento de oportunidades de negociação e liberdade das limitações impostas pela natureza que é a cognição humana (BIAIS, WOOLLEY, 2011).

A utilização do *High-frequency trading* já foi alvo de polêmicas e existem regulamentações pelo mundo que limitam o uso deste tipo de algoritmo. Tendo em vista que o destaque é a velocidade e o volume de negociações, o HFT também abre portas para uma conturbação da formação de preço das ações, já que é possível uma distorção da oferta e da demanda das ações (GOMBER, 2011).

O ganhador do prêmio Nobel, Michael Spence, já se apresentou contrário ao *high-frequency trading*, sendo alarmista sobre os riscos que o algoritmo pode provocar no sistema financeiro como um todo. Um evento destacado que evidenciou os riscos dos HFT ocorreu, em 2012, com a Knight Capital, empresa financeira que utiliza negociações de alta frequência, quando por 45 minutos o HFT provocou um aumento significativo na volatilidade dos preços e uma perda de 440 milhões de dólares, e aproximadamente um ano depois com a Goldman Sachs, causando grande conturbação nos preços do mercado de opções (PENTAGNA, 2015).

Operações de alta frequência são executadas nas bolsas e hoje os robôs são parte da cultura financeira. No Brasil a utilização do algoritmo vem crescendo, em 2009 eram desprezíveis o volume de negociações e em 2016 chegou a superar o total de 20% das operações na BM&F Bovespa (TADIELLO, 2016). Se o país seguir a tendência de grandes mercados como os dos Estados Unidos e os do Japão, a participação do HFT nas ordens de negociação deve aumentar continuamente.

A formação de preços do mercado acionário, assim como qualquer outro mercado concorrencial, ocorre através da relação de oferta e demanda, um player lança uma ordem de venda por um determinado preço pelo qual existe uma demanda de negociação (ASSAF NETO, 2012).

A volatilidade dos preços dos mercados especulativos está ligada ao fluxo de informações sobre as empresas negociadas na bolsa, a especulação dos investidores em um período sobre o comportamento do cenário econômico e administrativo de uma empresa que irá ocorrer em um período futuro. Então a troca de informações futuras é de caráter fundamental para a formação de preços especulativos (ARAUJO; MONTINI, 2014).

Outra variável de relevância para a formação de preços é o volume de negociações daquela ação, em um momento de elevação dos preços se tem uma maior quantidade de ações sendo negociado e em desvalorização ocorre uma menor quantidade de negociações. Uma explicação comportamental para tal efeito é que os investidores tendem a negociar maiores quantidades quando informados de

notícias positivas para a elevação dos preços e negociar menores quantidades quando não são informações favoráveis (ARAUJO; MONTINI, 2014).

Importante ressaltar que a velocidade de negociações também implica em um aumento da volatilidade dos preços. Negociações que ocorrem quase que instantaneamente provocam um aumento na volatilidade no curto prazo e podem comprometer o *Market depth* (PENTAGNA, 2015).

O *High-Frequency Trading* tem participação em todas estas variáveis explicativas para a formação de preços dos mercados especulativos. O algoritmo é capaz de, rapidamente, lançar sua própria oferta e criar sua própria demanda de compra, interpretar informações e tomar decisões com eficiência, mesmo a informação não sendo necessariamente verídica, negociar quantidades enormes de operações, lançando um volume de ordens muito além do investidor doméstico, e, como o próprio nome sugere, operar em uma velocidade de milissegundos (PENTAGNA, 2015).

Por seu caráter tecnicista e computacional, o *high-frequency trading* não é um tema recorrente dentro do meio acadêmico nacional, mas englobando as pesquisas em outros locais que não o Brasil a realidade é outra, como por exemplo Biais, Moolley (2011), e Gomber (2011), que escreveram um grande volume de conteúdo sobre o tema.

Pesquisas que investigam algoritmos trabalhando em mercados já ocorrem, como os próprios textos aqui supracitados, existem as que seguem os caminhos de logística operacional, existem aquelas que trabalham com redes neurais artificiais e *machine learning*, aquelas que focam na mineração de dados em séries históricas, as que focam em outros formatos de algoritmos de negociação.

O que difere este trabalho dos outros é o foco não na natureza dos algoritmos de alta-frequência, mas nos impactos e manipulações de preço que o HFT causa por conta da sua alta velocidade de negociação e o grande volume negociado. Então aqui serão investigadas as diversas formas de impacto e casos históricos de manipulações atribuídas a essas características das negociações em alta frequência, utilizando de trabalhos que se ancoraram na análise de séries temporais para buscar suas conclusões.

A contribuição a ser gerado aqui é expandir o conteúdo acadêmico, principalmente no Brasil, sobre a participação que o HFT tem sobre a formação dos preços em negociação, auxiliando outros pesquisadores a entender o

comportamento do algoritmo no campo das finanças, o que pode ser positivo para futuras pesquisas e projetos de regulamentação, principalmente pelo fato de que a vasta maioria das pesquisas já feitas está acima do nível de graduação, esta monografia pode ser fruto para o começo do afinilamento dos estudos para aqueles que a lerem no futuro.

Finalizando, em síntese o objetivo central desse trabalho monográfico é discutir o impacto da introdução dos mecanismos de negociação em alta frequência (HFT) sobre o comportamento dos preços dos ativos nos mercados financeiros. Para alcançar esse propósito o trabalho se estrutura da seguinte forma: essa Introdução, onde se contextualizou o tema e foi definido o objetivo geral; posteriormente, tratou-se no segundo tópico: “Mercado Financeiro”, de introduzir uma ideia geral sobre o papel do MF no financiamento da economia, bem como suas características principais; no tópico seguinte: “ Volatilidade, Volume e *Market Depth*”, que trata a amplitude da variabilidade dos preços e a quantidade de ordem lançadas dentro do mercado, além de como isso impacta o que é chamado de qualidade do mercado. No tópico “Análise de Ativos” é tratada a forma da qual investidores avaliam o poder de ganhos de um ativo mobiliário, ressaltando que são os mesmos mecanismos que o HFT utiliza, assim logo em seguida o HFT é tratado, no tópico “*O Algotrading e o High-Frequency Trading*”, fragmento do trabalho em que explica-se a funcionalidade das negociações em alta frequência e como elas impactam a relação volatilidade-volume. Por último são feitas as considerações finais sobre o tema, discutindo o que se pode observar do estudo feito.

2. MERCADO FINANCEIRO

O mercado financeiro é um conjunto de instituições que têm como objetivo fazer a ligação entre os recursos de diferentes agentes econômicos, em um mundo globalizado essas instituições permitem trocas que se sobrepõem às barreiras dos países. Sua importância advém da capacidade de fazer a interação de diversos agentes econômicos mesmo que não sincronizados, captação de recursos pelas empresas abertas para negociação, planejamento financeiro dos agentes e capitalização das expectativas futuras (ASSAF NETO, 2012).

2.1. Mercados englobados

O mercado financeiro pode ser dividido em, primeiramente, quatro segmentos: mercado monetário; mercado de crédito; mercado de capitais; mercado cambial (GALVÃO, et al, 2006).

2.1.1. Mercado monetário

O mercado monetário é operado na logística do curto prazo. Funciona basicamente a partir da oferta de títulos emitidos pelas próprias entidades governamentais e privada, sendo utilizados como ferramenta de controle da liquidez da moeda estatal e para trabalhar o caixa da união (GALVÃO, et al, 2006).

A demanda desse mercado é definida pelo nível real da renda e da taxa de juros de uma economia, a renda representando a necessidade de reter moeda para o consumo e o juro representando o custo de reter a moeda, sendo que quanto maior a renda, maior a demanda monetária, e, quanto maior a taxa de juros, menor a demanda por moeda (DORNBUSCH, et al, 2013).

A oferta monetária é determinada pelo banco central, já que o mesmo tem o poder de emitir mais moedas e usa de instrumentos para a redução da liquidez, como alteração na taxa de juros geral e mudanças na oferta de títulos (DORNBUSCH, et al, 2013).

O mercado monetário altera sua oferta de acordo com as demandas da economia em uma escala macro. É o ambiente onde os instrumentos de política monetária atuam buscando sempre a eficiência no trato da moeda. A construção

desse mercado guarda relação com as questões evolutivas da própria estrutura da economia ou de alterações nas legislações com o passar dos anos (MINSKY, 1957).

As mudanças legislativas seriam resultado do mau funcionamento do sistema financeiro-monetário e são organizadas através de discussões dentro da cúpula do poder estatal, em especial, quanto aos impactos que qualquer medida terá para a economia. Já quando se trata de questões evolutivas institucionais, o próprio mercado detecta alguma oportunidade de ganho dentro do sistema monetário e as atividades dos agentes acaba por forçar alguma alteração vinda do banco central (MINSKY, 1957).

2.1.2. Mercado de crédito

O mercado de crédito é fundamentalmente formado por bancos comerciais que oferecem opções de créditos e empréstimos para que agentes que precisam de recursos adicionais no curto prazo para atuarem no mercado, podendo ser tanto direcionado para pessoas físicas quanto para financiamento de empresas (ASSAF NETO, 2012).

O equilíbrio no mercado de crédito é definido pela quantidade de empréstimos concedidos e a relação custo/retorno gerado pelo empréstimo (SPOLODOR, MELHO, 2003).

Spolodor e Melho (p. 12, 2003) explicam:

A demanda por empréstimos é negativamente inclinada, refletindo a quantidade crescente de investimentos conforme é reduzido o custo dos empréstimos. A oferta de crédito, por sua vez, tem inclinação positiva, pois à medida que o retorno sobre a poupança torna-se superior ao retorno esperado sobre bens reais e investimentos fora do país, ou seja, haverá maior volume de recursos para empréstimos.

O mercado de crédito também tem seu equilíbrio influenciado por duas outras variáveis, a taxa de juros e a inadimplência. A taxa de juros pode ser vista como o custo do empréstimo, sendo ela de importante papel para a definição do retorno futuro esperado para o prestador. Já a inadimplência tem importância porque define o risco pelo qual o prestador precisa lidar (PINHEIRO, CABRAL, 1998). Porém a taxa de juros não é precisamente uma variável que define a quantidade de crédito ofertado e demandado, já que ela pode servir simplesmente como um fator

que define a relação com o risco dos agentes operantes no mercado (SPOLODOR, MELHO, 2003).

2.1.3. Mercado de capitais

O mercado de capitais contempla na maior parte dos casos operações de médio e longo prazo, sendo um dos principais protagonistas do desenvolvimento econômico (ASSAF NETO, 2012). Aqui é onde os recursos são alocados e as poupanças agregadas, dentro de um ambiente completamente competitivo. As instituições mediadoras têm a função de garantir que o investimento do agente superavitário cumpra a função pensada para o agente deficitário. A ideia é que o investimento do agente que forneceu seu capital seja voltado para investimentos que valorizem a empresa e que essa valorização retorne como premiação do empréstimo inicial. A transferência de capital pode ser através de ações, títulos e empréstimos (STIGLITZ, 1990).

Mas, diferente do mercado de crédito, o mercado de capitais apresenta menores barreiras entre os agentes superavitários e deficitários, sendo que as instituições financeiras participantes servem como prestadoras de serviço, fazendo uma ligação direta entre os agentes através do contrato. Diferentemente, as instituições financeiras do mercado de crédito são centralizadoras no processo de trocas, não existe uma negociação de fato direta entre credor e devedor (CVM, 2014)

O mercado de capitais pode fazer a transferência de recurso através da negociação de ativos mobiliários, tais como as ações. A compra e venda desses títulos mobiliários ocorre dentro do mercado acionário, onde ações de diversas empresas são negociadas (STIGLITZ, 1990).

Ações são parcelas de participação da empresa, quem adquire a ação é dono de uma parte social da empresa que abriu seu capital, sendo que existem dois tipos de ações, as ordinárias e as preferenciais, respectivamente, uma dá direito ao voto no setor administrativo da empresa e a outra tem preferência sobre a distribuição de dividendos (ASSAF NETO, 2012).

A negociação das ações tem como lado positivo, a difusão de risco e a não obrigação de permanência, já que a parcela da empresa adquirida está sempre em

negociação. Mas a negociação das ações também possui suas desvantagens, principalmente no quesito rentabilidade. Assim sendo, a distribuição de participação na empresa entre muitas pessoas pode produzir um retorno para o acionista sobre o lucro reduzido (mínimo), incentivando os gerentes a direcionarem os ganhos para seus próprios interesses, além de que no momento que os acionistas desejam vender as ações aparece uma sinalização de que o mercado acredita que tal empresa está supervalorizada (STIGLITZ, 1990). Existem cinco principais vantagens para o acionista, elas são os dividendos, parte do resultado que é distribuído entre os acionistas, os juros sobre capital próprio, que é uma opção que a empresa pode utilizar para remunerar os acionistas, a bonificação, quando ocorre distribuição de novas ações das quais são distribuídas gratuitamente para os acionistas, a valorização, que é o aumento do preço da ação negociada no mercado e o direito de subscrição, que é o direito do acionista de ser remunerado de acordo com a proporção de ações que ele possui (ASSAF NETO, 2012).

Os títulos, diferentes das ações, são contratos com compromisso fixado, o que força uma relação mais rígida entre a empresa e o comprador, nas palavras de Stiglitz (1990, p. 278):

Já que o emprestador não pode cancelar recursos, mesmo se ele não está satisfeito com o que a firma está fazendo, a firma não fica sob "rédea curta", do modo que acontece com empréstimos. Isto caracteriza a vantagem de permitir que as firmas persigam políticas de longo prazo - porém, apresenta a desvantagem de permitir à firma perseguir políticas que afetem adversamente os interesses dos acionistas.

O que Stiglitz (1990) quer dizer é que o título dá uma maior liberdade para a gestão da empresa, mas que isso não é necessariamente benéfico para aquele que investiu seu capital.

As operações de compra e venda dos títulos, ações, índices cambiais, commodities e outros ativos financeiros voláteis ocorrem na bolsa de valores. Essas organizações são entidades legítimas que servem de plataforma para que os agentes econômicos consigam negociar, sendo sua principal tarefa fornecer liquidez para os ativos negociados, isto é, fazer com que os ativos possam ser rapidamente vendidos ou comprados (ASSAF NETO, 2012).

2.1.4. Mercado cambial

O mercado cambial consiste na negociação de moedas internacionais, na expectativa que ocorra uma valorização relativa à moeda que executou o movimento inicial. É um mercado que engloba negociação entre todos os agentes do mundo, importadores e exportadores na troca de moedas. (ASSAF NETO, 2012). O mercado cambial é mundialmente conhecido como Forex, Foreign Exchange, em uma tradução literal significaria negociação estrangeira.

O mercado Forex é o mercado da composição dos mercados financeiros que mais movimentam capital, ou seja, de todos os mercados supracitados, o cambial é o maior. São quatro trilhões de dólares movimentados diariamente, durante o dia todo (CAMPOS, 2010), lembrando que movimentados aqui se refere a transações feitas, não a geração de caixa ou valor.

O mercado cambial é protagonizado tanto por traders quanto pelo governo, sendo que para o governo é um instrumento de manutenção para o balanço de pagamentos. Quando em um regime de câmbio fixo, o governo compra e vende divisas para se equilibrar com a demanda das mesmas indicadas pelo mercado ao qual ele é subordinado (DORNBUSCH, et al, 2013).

Agora tratando dos traders, físicos ou jurídicos, o mercado forex é extremamente atrativo, além de operar por 24 horas por dia, é um mercado de enorme liquidez, todo o globo terrestre faz parte dele, no momento que casas de negociações encerram suas atividades no ocidente, outras iniciam suas atividades no oriente e segue o ciclo ad aeternum (CAMPOS, 2010).

O mercado forex apresenta alto nível de alavancagem, isso ocorre pelas baixas taxas de variação dos pares de moedas, não é usual que a relação de uma moeda frente a outra tenha uma volatilidade expressiva, então os brokers de forex oferecem níveis de alavancagem altos para que os traders obtenham maiores lucros. Uma alta alavancagem também é sinônimo de risco, assim como um pequeno ganho percentual signifique um grande ganho monetário, a lógica se aplica da mesma maneira para a perda, sendo possível o trader perder absolutamente todo o montante em negociação em uma única queda de preço de uma moeda frente a outra (ROSSI, 2010).

O mercado forex é claramente único se comparado aos outros mercados apresentados como membros do que se entende como mercado financeiro, tendo

peculiaridades em destaque como: nível de volume negociado; nível de liquidez; mercado globalizado; constante atividade e elevados níveis de variáveis explicativas para a movimentação das cotações dos pares (CAMPOS, 2010).

2.2. Manutenção e regulação do mercado financeiro

O mercado financeiro tem dois grandes reguladores, o banco central e os reguladores de mercado de balcão. Aqui são tratados o Bacen - Banco Central do Brasil - e a CVM - Comissão de Valores Mobiliários.

Criado em 1964, o BACEN é o mais alto nível da autarquia financeira, sendo o zelador da moeda e o principal assegurador da estabilidade e solidez do sistema financeiro nacional. Suas principais funções são: manutenção da estabilidade da taxa de câmbio, executor de política monetária; fixar a taxa de juros; fiscalizar as instituições financeiras; emissão de moeda; administração de reservas e zelo pela liquidez e solvência das instituições financeiras nacionais (CVM, 2014).

A CVM foi criada em 1976 para regulamentar o mercado de capitais e fiscalizar as bolsas de valores, uma autarquia, mesmo que vinculada ao ministério da fazenda, autônoma e preza por sua independência de gestão e orçamento. Fica a cargo da CVM: Promover medidas incentivadoras à canalização das poupanças ao mercado acionário; expansão do mercado acionário; manutenção para que inexista demanda artificial; asseguramento dos lançamentos contábeis (assegurar a lisura nas operações de compra e venda de valores mobiliários); bem como promover a vigilância na utilização do crédito e dar proteção aos investidores de mercado (CVM, 2014).

Cabe ressaltar que a CVM na sua tarefa de fiscalização busca acompanhar a veiculação de informações relativas ao mercado, em especial, aquelas que dirigidas aos indivíduos que participam e aos valores mobiliários negociados. Em síntese, o objetivo da CVM é proteger o mercado e o aplicador (investidor).

Nesse tópico buscou-se apresentar, de forma sucinta, as características gerais de um mercado financeiro evidenciando sua importância no financiamento da economia, como também seu papel no processo de negociação de valores mobiliários. No próximo tópico serão introduzidas as discussões sobre volatilidade, volume e market depth que subsidiarão as análises do papel dos HFT no mercado financeiro, em especial, na negociação de ativos mobiliários.

3. VOLATILIDADE, VOLUME E MARKET DEPTH

A volatilidade dos preços, isso é, o quanto o preço varia, pode ser resultado de diversos fatos geradores, tais como: pode ser através de um nível elevado de confiança dos agentes econômicos, originando uma bolha especulativa (YOSHINAGA, et al., 2008); ou, por um anúncio de alguma notícia que provoca algum tipo de expectativa nos agentes do mercado (JAIN, 1988); como também pode ser resultado simplesmente a relação entre a oferta e demanda de um ativo, onde quando acontece o excesso de oferta o preço cai e quando acontece o excesso de demanda o preço sobe (ASSAF NETO, 2010). Destacando que o volume promove um impacto no retorno do ativo, mas o sentido contrário não resulta numa relação de causa e consequência (MEDEIROS, DOORNIK, 2008).

A volatilidade é a movimentação dos preços tendo a média como ponto de referência, comumente sendo calculada através da variância e do desvio padrão. É comum ver a volatilidade sendo utilizada como uma variável que auxilia no cálculo do risco de um ativo, sendo ambos diretamente proporcionais, quanto maior a volatilidade maior será o risco (AURÉLIO, 2012).

Sendo a volatilidade possível de ser medida através da variância, o cálculo se expressa da seguinte forma (AURÉLIO, 2012):

$$[i=1n(Xi-X)^2] / n -1$$

Sendo Xi = amostra no período

X = média da amostra

n = quantidade de períodos

Existem três tipos de volatilidade que se destacam na literatura financeira, a saber: a histórica, a implícita e a futura.

A volatilidade histórica surge da análise das variações dos preços dentro de uma série temporal e é a mais comum de ser utilizada como avaliação de risco de um ativo. Comumente usada para compreender o comportamento do ativo no futuro, tendo como premissa de que a mesma tem importância para as expectativas para o futuro (AURÉLIO, 2012).

Para calcular a volatilidade histórica utiliza-se da seguinte expressão algébrica (AURÉLIO, 2012):

$$\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$$

Sendo: P_t = Preço no período atual

P_{t-1} = Preço no período anterior

A volatilidade implícita se aplica á volatilidade que é calculada tendo a precificação da opção do ativo como referencial, é a alteração de preço ao longo do tempo da maturação de uma opção, igualando o preço de mercado e de uma modelagem de precificação do derivativo em questão. A volatilidade implícita apresenta diversas possibilidades de uso, sendo algumas delas: monitoramento da visão do mercado; transformação de preços em volatilidade para negociação; comparação de preço de derivativos e análise de eficiência do mercado (GABE, 2003).

Por ser caracterizada por olhar para o futuro ao ser mensurada, a volatilidade implícita recebe mais credibilidade como referencial para previsão do comportamento dos preços, diferentemente da volatilidade histórica que usa o passado como referência em sua modelagem (GABE, 2003). Mas, por outro lado, é muito mais difícil de ser calculada e, quase sempre, é motivo de dúvida ou um nó nas análises de precificação.

Para ser calculada, a volatilidade implícita usa a fórmula do Black-Scholes¹ e organiza-se da seguinte maneira (GABE, 2003):

$$\hat{c}_t = c_t(\delta^2; T)$$

Sendo: \hat{c}_t = valor praticado no mercado

c_t = valor teórico

δ^2 = variância

T = Tempo de maturação

¹ Modelo de precificação de derivativos que leva em conta a formação aleatória dos preços durante o tempo de maturação, usando volatilidade, tempo de expiração do contrato, a taxa de juros e o preço final do derivativo (BLACK, SCHOLLES, 1973).

A volatilidade futura trata do comportamento dos preços do ativo para o período que sucede o período atual. Inexiste um modelo ou fórmula que consiga prever sem conturbação a volatilidade futura. Por outro lado, a volatilidade histórica não garante comportamentos futuros, por olhar para o passado, e a volatilidade implícita não garante eficiência, entendido que entre o período atual e a maturação do ativo mobiliário possuído (ex: derivativo) existe a possibilidade de ocorrer algum fenômeno que rompa as expectativas racionais do mercado. Para calcular a volatilidade futura é comumente usado uma variante dos modelos ARCH/GARCH²(AURÉLIO, 2012).

A alteração dos preços através da confiança dos agentes ocorre por conta da percepção de dois grupos distintos sobre o preço esperado de um mesmo ativo. A dinâmica do processo se expressa a partir da configuração de assimetria de informação, onde um grupo acredita que o sinal de alteração de preço que ele conhece é superior ao do que o outro grupo conhece. Yoshinaga e outros (2008, p. 31) explicam:

A ideia essencial é de que dois grupos de investidores, A e B, recebem dois conjuntos de sinais de informação, s^A e s^B a partir dos quais formam suas expectativas sobre o preço do ativo. A questão é que, apesar de ambos os grupos observarem s^A e s^B cada um deles atribui ao seu sinal um poder informacional diferente do que ele realmente possui. Os investidores do grupo A, por exemplo, acreditam que s^A é mais informativo do que ele realmente é, o que revela excesso de confiança. O mesmo raciocínio se aplica aos agentes do grupo B.

Quando a relevância de anúncios sobre os preços dos ativos se revela ao mercado, os agentes alteram suas expectativas de acordo com as decisões econômicas tomadas pelo governo e/ou a apresentação de dados como a taxa de inflação, um anúncio do banco central (ex: *Federal Reserve*) de uma expansão monetária e/ou de um índice, como exemplo, o CPI, o índice de preços no consumidor – *Consumer Price Index* –, que têm significativo impacto na volatilidade dos preços.

Dentro dessa perspectiva é importante ressaltar que caso os agentes tenham expectativas uniformes, a atividade no mercado continua estável, se existir discordância, ocorre um aumento nos níveis de atividade do mercado (JAIN, 1988).

² Modelos auto-regressivos que trabalham com heterocedasticidade em séries temporais onde a variância do erro padrão do período atual é em função da variância do erro padrão do período anterior, muito usado para trabalhar séries históricas (FURRIEL, 2001)

Jain (1988) e Yoshinaga e outros (2008) apresentam os fatores, respectivamente, anúncios de medidas econômicas e bolhas especulativas, também como geradores de volume extraordinário de negociação, bem como aumento nos níveis de atividade do mercado podem ser entendidos como sinônimo de um aumento no volume de negociações também. Portanto, se torna razoável afirmar que existe uma relação entre o volume de negociações e a volatilidade do preço do ativo.

Karpoff (1987) enfatiza a importância da compreensão da relação volatilidade-volume citando quatro motivos. Primeiramente, refletir sobre a relação entre volume e volatilidade altera o entendimento do que é o mercado financeiro, os embates sobre o tema usam como fato gerador para o relacionamento o fluxo informacional dentro do mercado. Em segundo lugar, estudos que relacionam preço e volume auxiliam futuros modelos de análise serem capazes de absorver tal conhecimento, no momento em que o mesmo incorpora a relação volatilidade-volume ele ganha mais força. Terceiro que a noção da relação volatilidade-volume é fundamental para o debate empírico dos preços especulativos. Quarto, e não menos importante, já que Karpoff não entra no mérito de ordem de relevância, é a força que a relação pode provocar no mercado futuro, indicando a importância de comparar a informação pública e privada.

Tauchen e Pitts (1983; p.503) também aprovam a significância da relação volatilidade-volume, apresentando que a média de volume diário depende de três variáveis, apresentando a questão da seguinte forma : “ $E[V] = (constant) \cdot \mu_1 \cdot \delta\psi \cdot J$ ”, onde μ_1 é a média diária do fluxo de novas informações, $\delta\psi$ é a medição da quantidade de agentes que discordam da informação e J é a quantidade de agentes ativos no mercado, deixando só o J como variável é possível assumir que quanto mais agentes ativos no mercado maior vai ser a média de volume diário, destacando que o aumento no volume cresce proporcionalmente menos que o número de agentes. Mas ainda afirmam que a equação não é o suficiente para estimar evidências empíricas, destacando a necessidade de especificar porque o fluxo de informação e a reação dos agentes sobre as informações muda quanto mais entra agentes ativos no mercado.

Outro indício de que uma relação volatilidade-volume é a forma de expressão de como o comportamento do preço define a quantidade de ordens lançadas, quando o mercado está em uma tendência de alta – *bullish* – acontece uma maior

movimentação de trocas, assim como quando o mercado está em uma tendência de baixa – *bearish* – ocorre um menor volume de movimentação, o que poderia diminuir este efeito é uma maior padronização das expectativas dos agentes (EPPS, 1975). Mas também pode ocorrer o que é chamado de volatilidade assimétrica, que corresponde a uma maior volatilidade em um movimento de desvalorização e de menor volatilidade em um movimento de valorização (BEKAERT, WU, 2015).

O volume também dita a velocidade na qual os preços se ajustam, implicando na existência de uma correlação, se uma informação privilegiada é adquirida, ocorre então uma variação no preço pelo grande nível de volume que os agentes beneficiados negociam no mercado, caso uma informação pública crie uma mesma expectativa dos agentes, todos os agentes se movem para uma mesma direção dentro do mercado e assim também forçando a alteração de preço. Os altos graus de variação no preço ocorrem pelo fato de várias ordens negociadas estarem na mesma direção (CLARK, 1973). Clark trabalha a seguinte explicação:

A qualquer momento existe uma quantidade de investidores no mercado que possuem expectativas sobre o preço de um dado contrato de algodão. Alguns terão uma posição de longo prazo (mantendo contratos), alguns terão uma posição de curto prazo (contratos prontos para venda), e alguns podem nem ter uma posição definida caso estejam esperando por uma condição favorável. Quando uma nova informação (na forma de dados que os investidores consideram relevante) chega ao mercado, tanto os preços quanto o preço esperado pelos investidores irão mudar. (CLARK, 1973, p.144, TRADUÇÃO NOSSA³)

Um conceito que corrobora para a compreensão da relação volatilidade-volume é o *Market Depth*, no qual se mede a resistência dos preços do mercado frente a um grande volume de negociações. A ideia que se quer entender é a de resistência dos preços frente aos choques de volume, a sensibilidade do preço de um ativo quando os agentes entendem que ele está subvalorizado ou supervalorizado vai ser determinado pelo *Market Depth*, cada mercado tem suas peculiaridades de comportamento e é o *Market Depth* dele que vai conter a volatilidade no geral (RAGUNATHAN, PEKER, 1997).

Nesse tópico buscou-se discutir as várias formas de apresentação da

³ At any time, there are a number of traders in the market who have expectations about the price of a given cotton contract. Some will have long positions (holding contracts), some will have short positions (having sold contracts), and some may have no net position at all if they are waiting for more favorable conditions. When new information (in the form of data that the traders consider relevant) flows to the market, both prices and traders' price expectations will change.

volatilidade no mercado, bem como a importância relação volatilidade-volume enquanto forma de expressão do comportamento dos preços. No tópico seguinte são discutidos os dois tipos básicos de análise de ativos e, em seguida, de posse desse conjunto de informações é introduzida a discussão e o papel dos HFT nas negociações no mercado financeiro.

4. ANÁLISE DE ATIVOS

Partindo da premissa que os agentes do mercado buscam obter lucros em suas operações e, sendo assim, eles não executam ordens de compra e venda as cegas, acumulam diferentes informações de diferentes fontes para que a operação seja o mais próximo da perfeição o possível. As formas de avaliação de um ativo se dividem majoritariamente em duas categorias, análise fundamentalista e análise técnica (MARTINI, 2015).

4.1 Análise fundamentalista

A análise fundamentalista usa os demonstrativos contábeis das empresas que compõem os ativos como fonte de informação para a compreensão se o ativo está supervalorizado ou subvalorizado, definindo para o investidor se a ordem vai ser de compra ou venda (SCHWAGNER, 1984). Ela usa como fontes primordiais a própria empresa, o setor em que a empresa está inserida e o cenário econômico geral (CHAVES, 2004).

Existem benefícios categóricos na análise fundamentalista, ela que possibilita a base de conhecimento para aqueles investidores que desejam investigar o aspecto comportamental do mercado, sendo que este tipo de análise consegue absorver como os ativos relacionam com os anúncios contábeis. Outro benefício é sua velocidade frente aos outros tipos de análise de detectar alterações nos preços, por usar os fundamentos como fonte de informação, a análise fundamentalista prevê a trajetória do preço antes dos indicadores técnicos dos ativos e da reação do mercado (SCHWAGNER, 1984).

Análise fundamentalista é comumente usada para posicionamentos no mercado visando o longo prazo, então se torna importante levar em consideração a política de dividendos e de investimento da empresa representada no ativo (CHAVES, 2004), então, além dos demonstrativos contábeis, é importante o investidor acompanhar a gestão da empresa que compõe o ativo.

Existe uma série de indicadores que os analistas conseguem extrair dos lançamentos contábeis da empresa, calculam valores que definem a situação financeira da empresa através de informações simples de um demonstrativo, como lucro líquido, custo de vendas, entre outros (ASSAF NETO, 2012).

Dentro da análise da empresa, a análise fundamentalista vai adotar os indicadores utilizados na administração financeira para enriquecer a sua metodologia de julgamento para o valor e o risco de um ativo. Dois modelos amplamente usados na análise fundamentalista são o CAPM – *Capital Asset Pricing Model* – para lidar com o fator risco, e o conceito de *valuation* que lida com o fator precificação (ASSAF NETO, 2012).

O CAPM é utilizado como ferramenta para que o investidor consiga refletir sobre a relação risco retorno do ativo, definindo qual é o retorno exigido que o ativo deve proporcionar para que seja racional a sua compra. No modelo o retorno exigido é definido pelo retorno de um investimento livre de risco somado ao prêmio pelo risco do ativo, sendo que o prêmio pelo risco é a diferença entre o retorno do ativo e o retorno de um investimento sem risco. Para medir a sensibilidade do ativo frente ao mercado se usa o coeficiente beta (β), que é a relação entre a covariância entre o retorno exigido e o retorno do ativo e a variância do retorno do ativo, quanto maior o coeficiente beta maior é o risco do ativo (BRUNI, FAMA, 1998).

O Assaf Neto (2012, p. 268) expressa a equação do CAPM da seguinte forma:

$$R_j = R_F + \beta (R_M - R_F)$$

Sendo que R_j é o retorno exigido, o R_F o retorno livre de risco e o $(R_M - R_F)$ o prêmio pelo risco do ativo sendo avaliado.

O *valuation* é usar de métodos quantitativos para definir o valor presente (VP) do ativo, caso o valor presente seja maior que o negociado na bolsa, então é definida uma ordem de compra, caso o valor presente seja menor do que o negociado, é definida uma ordem de venda (POVOA, 2012).

É possível definir três formas de examinar o *valuation* de uma empresa, de forma intrínseca, em que a modelagem tem como referência o fluxo de caixa da empresa, a forma relativa, que é modelar usando o preço de outras empresas do mesmo setor, e da forma de afirmação de contingência, que é comparar o ativo com outros ativos de características semelhantes (DAMODARAN, 2005).

4.2 Análise técnica

A análise técnica usa como ferramenta básica de análise os conceitos de médias moveis, aliando as informações sobre volatilidade dos preços e as figuras tradicionais da análise gráfica como fonte de extração das informações utilizadas para a avaliação do comportamento dos ativos mobiliários. Essa postura é diferente em relação à análise fundamentalista onde se define os valores pelos quais o ativo deve tomar rumo, qual seja a análise fundamentalista trabalha com a lógica de tendências, onde se não define o preço final que o ativo deve chegar (CHAVES, 2004).

No âmbito da literatura financista existe certo nível de polêmica frente a análise técnica, já que a mesma não é recebida com a mesma positividade da análise fundamentalista, isso ocorre pelos seus métodos controversos de análise dos preços, sendo que, de forma pejorativa, é chamada da astrologia da análise financeira enquanto a análise fundamentalista supostamente seria a astronomia. Mas mesmo com as discussões fortes sobre o tema, a análise técnica é vista como forma eficiente de extrair informações sobre os preços em negociação no mercado (LO, 2000).

Historicamente existem sinais de utilização da análise técnica há séculos, mas o consenso é de que a análise técnica na forma em que é conhecida foi criada por Charles Dow (1851-1902), jornalista co-fundador do Wall Street Journal e que iniciou sua aproximação das finanças ao estudar o mercado de mineração. Já adotando o conceito de médias dos preços, o qual é de extrema importância para a análise técnica, Dow criou um indicador que anexava a precificação de onze ativos, nove originados do setor ferroviário e dois do setor de mineração. Após sua morte o indicador continuou expandindo seu espaço amostral de preços e se tornou hoje o popular Dow Jones (KIRKPATRICK, DAHKQUIST, 2011).

A Teoria de Dow trata as movimentações dos preços no mercado, assumindo que os mesmos se comportam através de tendências, sendo que essas tendências fiquem cada vez mais difíceis de serem rompidas de acordo com que elas se mantenham permanentes ao longo do tempo, isso é, quanto maior o tempo em que os preços seguem uma tendência de alta ou de baixa, mais difícil é para que eles deixem de seguir essa tendência (KIRKPATRICK, DAHKQUIST, 2011).

Para que seja sustentável, a teoria de Dow usa de três principais premissas

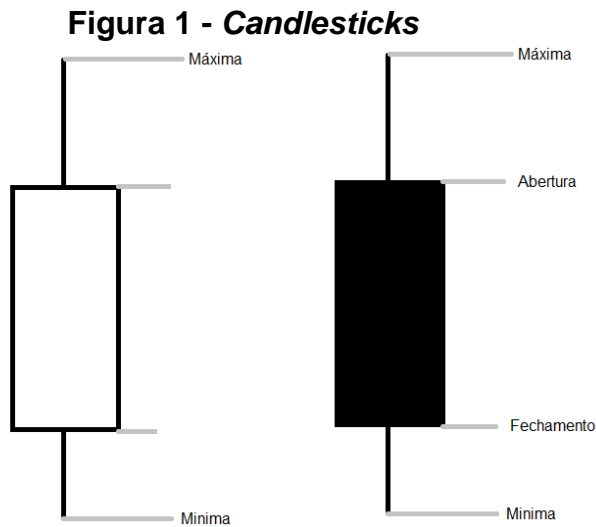
como pilares, a da eficiência de mercado, que é a ideia de que toda a informação disponível já está precificada no papel, a premissa na qual se assume que as tendências são confirmadas pelos volumes de negociação do papel, significando que para que uma conversão de tendência seja real é preciso que exista um volume expressivo de negociações ocorrendo, e por último a tendência de que a história sempre se repete (KIRKPATRICK, DAHKQUIST, 2011).

Ainda tratando da teoria de Dow, existem dois importantes níveis de preço, os que demarcam a resistência do preço e os que demarcam o suporte dos preços. O nível de preço que representa a resistência é aquele que reverte uma tendência de alta, os preços sofrem demasiada dificuldade para atingirem valores superiores a aquele ponto, e quando o ponto é finalmente superado, logo surge um novo nível de preço representando um novo ponto de resistência. Exatamente a mesma lógica se aplica para os níveis de preço que indicam um suporte, mas substituindo a tendência de alta por uma tendência de baixa. Importante ressaltar que as resistências e os suportes passam pela mesma lógica das tendências de ganhar força com o passar do tempo, e que, ao momento que os níveis de preço demarcantes são rompidos, uma resistência pode se tornar um suporte e um suporte se tornar uma resistência (KIRKPATRICK, DAHKQUIST, 2011).

Mesmo não sendo visto como um divisor histórico tão forte para afirmar o que se entende hoje em dia como análise técnica moderna (KIRKPATRICK, DAHKQUIST, 2011), o *candlestick* é outro componente de representatividade histórica na análise técnica. O *candlestick* é uma forma de visualizar um gráfico, onde eixo vertical é preço e o horizontal tempo, e inserir nele vias de detectar características mais profundas da movimentação dos preços.

Os *candles* foram criados no Japão ainda no início do século XVII, bem antes da publicação de Chales Dow e sua teoria das tendências, para facilitar na leitura dos preços do mercado futuro do arroz, fato que demonstra bem as fortes raízes financeiras da cultura japonesa (NISON, 1991).

Um *candle* é separado em três partes, seu corpo e suas duas sombras (também chamadas de caldas), tal que o corpo marque o preço de abertura e fechamento e as sombras os preços máximos e mínimos.



Fonte: Nison (1991), elaborado pelo autor

Quando o *candle* representa uma elevação de preços, a parte superior do seu corpo representa o preço de fechamento e a inferior o preço de abertura, caso esteja representando um movimento de queda do preço, esses posicionamentos são invertidos. Cada candle representa um período de tempo determinado pelo próprio *player*, criando assim um efeito fractal, um *candle* de um dia tem vinte e quatro *candles* de uma hora e um candle de uma hora tem doze *candles* de cinco minutos (NISON, 1991).

Por conta da configuração do seu formato, um gráfico de candles permite detectar a força na alteração dos preços e a psicologia dos *players* do mercado através dos desenhos que se forma, um candle que tem uma sombra longa mostra que o mercado testou vários preços diferentes ao longo do período determinado pelo candle, ou quando um *candle* tem um corpo fino, forma conhecida como *doji*, representa que o mercado está resistente em alterar os preços de negociação em prática no período (NISON, 1991).

Saffi (2003) divide a análise técnica em dois setores, em análise gráfica, que usa dos padrões apresentados nas séries históricas de preços, e a análise computadorizada, que, através de valores passados como preços e volumes, montam indicadores quantitativos que medem volatilidade e inversão nos preços.

As análises gráficas são desenhos que apresentam padrões de comportamento dos preços, o analista encontra figuras geométricas que indicam

algum comportamento de mercado de reversão ou um momento catalizador para o preço continuar em uma tendência (PRING, 2002). A teoria de Dow e os *candlesticks* já são fortes representantes para a elucidação do que é uma análise gráfica, restando entender agora o que seria uma computadorizada.

A análise computadorizada já usa de indicadores mais restritos e quantitativos, que não tem apelo nenhum para a capacidade de visualização do investidor. Os indicadores quantitativos se apresentam de diversas formas. Costumam usar média e volatilidade como ferramenta para definir qual sinalização apresentar como referência para analisar o comportamento dos preços (SAFFI, 2003).

Seguindo a mesma lógica de dar dois exemplos utilizados na análise gráfica, também é ideal analisar dois exemplos da análise computadorizada, o MACD – *Moving Average Convergence/Divergence* – e o RSI – *Relative Strength Index* – são dois indicadores populares (SAFFI, 2003).

O MACD é a diferença entre duas médias móveis que agraciam período distintos, uma com o período estreito, curto, e a outra com o período mais largo, longo, sendo que o cruzamento entre as duas é o que vai indicar uma ordem de compra ou venda Saffi (2003, p. 960) explica da seguinte maneira:

Este indicador é uma extensão das estratégias baseadas em médias móveis, utilizando suavizações das mesmas para reduzir a quantidade de falsos sinais de compra e venda. As decisões de investimento são tomadas através da comparação de médias de curto e longo prazo: quando a média de curto prazo cruza a média de longo prazo, é sinal que o ativo está se valorizando no curto prazo e, portanto, sugere sua compra.

Ou seja, se MACD rápido é maior que o MACD lento então o sinal é de compra, se o MACD lento é maior que o MACD rápido então é sinal de venda (SAFFI, 2003).

O RSI utiliza do conceito de analisar a força da volatilidade dos preços de um ativo em relação a ele mesmo, ou seja, analisa a oscilação do ativo. O RS é determinado pela relação entre os preços de aberturas do período e os preços de fechamento de um período, sendo que o valor deve variar entre zero e cem (CHONG, NG, 2008). Sendo então definido pela seguinte forma:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{x}{y}}$$

onde x = média dos dias que fecharam em alta

y = média dos dias que fecharam em baixa

Quando o RSI alcança valores muito altos é reconhecido que o mercado está “super comprado” e valores muito baixos como “super vendido”. Ao usar o indicador, o operador decide por posicionar bandas na visualização do RSI, sendo que as duas possuem a mesma distância dos extremos possíveis, 0% e 100%. Quando o RSI fica acima da banda superior, é indicado um bom momento para venda, abaixo da banda inferior compra (CHONG, NG, 2008).

Como dito anteriormente, a análise técnica não foi recebida positivamente no universo das finanças como foi a análise fundamentalista, existem fortes motivos para a existência do repúdio, sendo dois dos principais o registro de movimentos aleatórios no mercado e argumentos estabelecidos contrários ao conceito de mercados eficientes. O primeiro motivo trata do registro histórico de movimentações de preço pseudoaleatórias que, por maioria das vezes, trata-se de eventos inesperados no mercado, o segundo motivo surge das novas abordagens das finanças, que hoje contemplam questões comportamentais dos players do mercado e distancia-se da ideia de que os agentes inseridos apresentam um comportamento racional (KIRKPATRICK, DAHKQUIST, 2011).

Mas a importância do foco aqui dado para a análise técnica está alicerçada no uso desse na composição dos algoritmos que automatizam as operações no mercado, os indicadores técnicos são intrínsecos na construção do que se denomina de algotrading.

Finalizando, após colocar as ideias básicas sobre as duas formas básicas de análise dos ativos mobiliários, no próximo tópico, de posse de um conjunto de questões levantadas anteriormente será introduzida a discussão do papel dos HFT no mercado, em especial, discutir como esses instrumentos de negociação influenciam o comportamento dos preços dos ativos.

5 O ALGOTRADING E O HIGH FREQUENCY TRADING

Algoritmo é uma construção que segue o formato de uma receita, sugerindo um passo-a-passo do que deve ser feito. São usados na programação de *softwares*. Nesses softwares se desenvolvem programas ou rotinas que entendem cada linha de comando como um caminho a seguir para conseguir completar suas tarefas, isso é, existe um design pré-definido para determinar a logística da execução de tarefas (GOMBER, et al. 2011).

Os algoritmos de *trading*, conhecidos também como *algo trading*, são os algoritmos que definem que uma máquina efetue ordens de compra e venda no mercado, sem que a mesma precise de intervenção de qualquer humano. Nessa direção, um software por conta própria pode usar a conta do usuário em alguma plataforma de operação do mercado e lançar ordens de compra e venda sem que o proprietário da conta, o investidor, esteja observando ou acompanhando (CHABOUD et al. 2014).

Para o seu funcionamento, o algoritmo de negociação incorpora as formas de análise do mercado para montar a sua lógica de funcionamento, como por exemplo, usando os indicadores da análise técnica para que seja possível compreender se está no momento de lançar uma ordem de compra ou venda no mercado (MARTINI, 2015).

O *high-frequency trading*, o HFT, ou em português, negociação de alta-frequência, é nada mais que um algoritmo com a mesma dinâmica de funcionamento dos algoritmos tradicionais. O que diferencia ele de outros algoritmos de mesma função é o quão robusto é o seu poder de funcionamento, executando as mesmas funções em uma velocidade e capacidade de lançamento de ordens muito superiores aos outros (GOMBER, et al. 2011).

O debate sobre o HFT ganhou maior notoriedade em 2009 quando a Goldman Sachs teve suas linhas de algoritmo, baseada em formulações a partir de matemática avançada, roubada pelo imigrante russo Sergey Aleynikov, pessoa que alegou ter contribuído para a criação e eficiência do algoritmo utilizado (MCGOWAN, 2010).

Gomber e outros (2011) separam as características dos algoritmos em três categorias, a saber: uma que é comum entre todos os algoritmos de negociação, outra que não é comum no HFT e outra que é só comum ao HFT.

Em comum entre todos os algoritmos de trading existem o design pré-determinado, a utilização feita por profissionais da área e a capacidade de observar o mercado em tempo real, também lembrando outras características padrões dos algoritmos como a capacidade de atuar no mercado sem intervenção do proprietário.

Características que os HFT não contemplam são: a negociação do agente comum, a minimização do impacto no mercado, negociações de longo prazo e, por último, se colocar limites para alcançar um nível específico de rendimento.

O que é exclusivo ao HFT é o grande volume de ordens, a capacidade de cancelar as ordens em alta velocidade, o foco em operações de curto prazo e sempre operar ativos de alto nível de liquidez.

Um importante fator para entender as finalidades do HFT é compreender que se trata de uma solução contra a latência (atraso) das operações, a maximização da velocidade do lançamento de ordem, focando em escalar a informação e otimizar os meios de transferência entre receptor e transmissor. Para que o algo trading consiga ser considerado um HFT ele precisa atingir velocidades que alcançam níveis de milissegundos. Quelhas (2015, p. 372) diferencia os níveis de velocidade da seguinte maneira:

Neste sentido, «negociações algorítmicas de alta frequência» correspondem a «negociações algorítmicas de baixa latência», cujas operações podem ser classificadas de «baixa latência» (*low latency*), com duração inferior a 10 milissegundos, de «ultra baixa latência» (*ultra low latency*), com duração inferior a 1 milissegundo, e de «ultra ultra baixa latência» (*ultra-ultra low latency*), usualmente computadas em microssegundos

Ainda em busca da redução de latência, as instituições que utilizam do HFT buscam adquirir espaços próximos às centrais de operação do mercado, com objetivo de reduzir fisicamente a distância que os dados iriam percorrer caso posicionado mais longe das centrais (QUELHAS, 2015).

O SEC – *Securities and Exchange Commission* – define três tipos de estratégia que são incorporadas na dinâmica dos HFT, a saber: estratégias passivas, estratégias direcionais e arbitragens (COSTA, 2018).

As estratégias passivas apresentam uma quantidade de ordens limitadas no objetivo de proteger a liquidez do mercado em que o HFT opera. Quando as ordens são executadas pode ocorrer uma nova distribuição dentro do limite de quantidades definido. É compreensível a necessidade de alta velocidade para o uso de estratégias passivas porque um rápido poder de cancelamento de ordem possibilita

um novo posicionamento, levando em consideração as limitações de quantidade (COSTA, 2018).

A lógica de arbitragem aproveita falhas da precificação dos ativos, levando em conta que ativos iguais teoricamente precisam apresentar preços iguais. O HFT aproveita a falha do mercado em precificar de maneira eficiente os ativos e se posiciona antes da correção de preços. O método também pode ser aplicado em ativos de forte relação, mas que não são necessariamente idênticos (COSTA, 2018).

Já as estratégias direcionais usam a detecção de tendências para posicionar a ordem de mercado, onde o algoritmo detecta um padrão utilizando a série histórica como fonte de referência e, assim, se posicionando a partir de uma expectativa de precificação (COSTA, 2018).

5.1 As controvérsias do High-Frequency Trading

Inicialmente é importante ressaltar que a literatura sobre o tema HFT ainda é incipiente, ou seja, existe uma carência de material que subsidie análises mais robustas sobre o impacto da introdução dos HFT nas negociações na bolsa de valores. A ocorrência desse tipo de problema deve-se a dois evidentes motivos, a saber: primeiro que as instituições que trabalham com o HFT são sigilosas quanto ao modelo que é colocado como algoritmo para o funcionamento das máquinas; segundo, que a compreensão operacional da máquina é encarregada por engenheiros e cientistas da computação de alta capacitação no que tange o tema (MCGOWAN, 2010). Dito isto é possível desenvolver um pouco sobre o tema.

É normal que o HFT seja foco de polêmicas dado que atualmente ele concentra a maior parte de negociação de ativos no mercado financeiro tanto dos Estados Unidos quanto da Europa. Outro ponto a provocar discussão é o conhecimento de que as próprias instituições utilizadoras do algoritmo montam estratégias para que os robôs disputem espaço no mercado. Então, o objetivo do algoritmo, além de buscar a recopensa pela minimização da latência nas operações, fica por aderir espaço dentro do livro de ofertas em uma logística concorrencial (MCGOWMAN, 2010).

Dentro das formas de manipular o mercado estão: *Stuffing*, *Smoking* e *Spoofing* (PENTAGNA, 2015). O *Stuffing* é o lançamento de várias ordens até “entalar” o livro de ordens, *orders book*, para que fique impossível o agente comum

continuar ativo no mercado por conta do congestionamento criado, o que está relacionado ao *Market Depth* anteriormente explicado (PENTAGNA, 2015). Já o *Smoking* é a prática de lançar um número considerável de ordens, mas não o suficiente para congestionar o mercado, mas são ordens com preços atraentes para o agente comum querer concretizar, mas o HFT é capaz de cancelar essas ordens rapidamente, então se torna possível adquirir as ordens dos agentes comuns que estão em negociação com a precificação errada (PENTAGNA, 2015).

O *spoofing* é quando o HFT lança uma grande quantidade de ordens que contrariam a lógica, colocando um elemento de desequilíbrio entre a oferta e a demanda, o que leva ou força uma alteração na precificação do ativo. Pentagna (2015, p.15) exemplifica esse tipo de movimentação:

Por exemplo: digamos que uma firma de HFT pretende comprar ações. Então, ela colocará uma quantidade considerável de ordens de venda limitadas. Entretanto, ela não pretende que essas ordens sejam executadas, por isso as coloca acima do preço de melhor oferta. Como o *high frequency trader* é mais rápido que todos, ele conseguirá cancelar essas ordens caso notícias boas cheguem ao mercado. O real objetivo do *trader* nesse caso é atrair algum *player* ingênuo a ver o grande volume de ordens de venda e a vender de fato. Assim, a ordem de compra que o *high frequency trader* colocou discretamente no mercado enquanto isso será executada.

Dado o poder do HFT de alterar as negociações no mercado, muito se debate sobre a regulamentação e os impactos negativos que o algoritmo provoca na qualidade das negociações no mercado, criando a visão do HFT como antagonista da saúde financeira do mercado especulativo (COSTA, 2018).

Mas o potencial do HFT para a movimentação dos preços não fica só no encargo do algoritmo se comportando espontaneamente, aproveitando da força bruta da máquina. Players humanos com grande capacidade de negociação forçam uma reação falsa do mercado para que surja uma forte resposta originada do HFT, por conta de sua natureza de tomar decisões feitas usando especialmente preços como referência (ARNOLDI, 2016).

Um exemplo dessa capacidade de intervenção no movimento dos preços foi o evento denominado de *Flash Crash* de 6 de maio de 2010. Além do furto do código da Goldman Sachs, como já tratado, outro fator que colocou o HFT em destaque foi o *Flash Crash* que ocorreu na bolsa americana em maio de 2010 (COSTA, 2018). Foi um momento histórico que posicionou o HFT como forte arma para possíveis manipulações do mercado (PENTAGNA, 2015).

Em 6 de maio de 2010 a bolsa americana teve um forte movimento de queda, marcado como a segunda maior queda já vista no *intraday*⁴, dentro de um mesmo dia de operação, mas em apenas aproximadamente trinta e seis minutos o mercado se recuperou de forma considerável, criando um pequeno vale no gráfico de preços (JOHNSTON, 2015).

Durante o período dos trinta e seis minutos, grande parte do volume negociado tinha como operador os algoritmos de alta frequência, o que acarretou em um aumento no nível de ceticismo e preocupação com o impacto que o HFT provoca no mercado (JOHNSTON, 2015).

Mas Kirilenko e outros (2017) mapearam o comportamento de vários tipos de players no mercado, e perceberam uma baixa influência do HFT na resposta de queda per-si, mas sim no alto grau de volatilidade do período. O HFT tem forte reação aos preços e cataliza o direcionamento em que eles estão tomando. Em um movimento de alta ele força ainda mais os preços para cima e a mesma lógica se aplica em um movimento de baixa.

Relacionado ao eficientismo do HFT operar em baixa latência, seu ganho médio não apresenta valores expressivos, mas sua liquidação de ordens de outros investidores é tão presente que os preços reagem e cria a sensação da existência de um investidor robusto aos outros *players* em operação (KIRILENKO, et al, 2017).

5.2 Os benefícios do High-Frequency Trading

Quando estudado, o HFT também apresenta benefícios para o mercado. O comportamento do algoritmo provoca um maior índice de volatilidade para os ativos que estão dentro da cesta de possibilidade de operações, o que aumenta a praticidade das operações dos *players* especulativos. Além de que o grande volume somado ao algoritmo minimizando ao máximo a latência nas operações acaba por provocar um aumento nos níveis de liquidez do mercado (MCGOWAN, 2010).

Por sua baixa latência, o HFT é capaz de operar desde o último segundo de negociação antes do fechamento e começar suas operações assim que o mercado reabre, isso faz com que a diferença nos preços entre os períodos que o mercado não está em funcionamento seja amenizada (MCGOWAN, 2010).

⁴ Operações que são completamente concluídas dentro do mesmo dia

Por já ser responsável pela maior parte do volume negociado nas bolsas americanas e europeias, é evidente que exista uma grande concorrência entre as instituições que usam da ferramenta para tomar posições no mercado financeiro, em um ambiente de livre concorrência é natural que as empresas busquem os melhores programadores e engenheiros para otimizarem suas máquinas, assim aumentando a média dos níveis de capacitação dos profissionais (MCGOWAN, 2010).

5.3 O High-Frequency Trading no Brasil

Medeiros e Doornik, respectivamente professor titular da universidade de Brasília e analista do Banco Central do Brasil, publicaram em 2008 um artigo nomeado “A Relação Empírica entre Dividendos, Volatilidade de Retorno e Volume de Negócios no Mercado de Ações Brasileiro”, onde (MEDEIROS, DOORNIK, 2008, p. 1) eles utilizam um conjunto de informações que expressam uma

amostra que compreende dados de retorno acionário e volume de negócios de uma carteira teórica envolvendo ações participantes do Índice Bovespa (Ibovespa) no período de 03/01/2000 a 29/12/2005. Os métodos empíricos utilizados incluem análise de correlação cruzada, testes de raízes unitárias, análise de regressão bivariada com equações simultâneas, modelos GARCH e VAR e testes de causalidade Granger

Nessa amostra de dados foram utilizadas 57 empresas integrantes da composição do Ibovespa, referentes a 80% da capitalização do mercado e foi incrementado no retorno a cotação com ajuste de retorno e desdobramentos. Para maior consistência também foi usado o IGP-DI para deflacionar as séries.

A finalidade do artigo é avaliar a relação, previamente explicada aqui, volatilidade-volume através de dados empíricos, mas ao contrário da maioria dos estudos passados, Medeiros e Doornik (2008) apresentam um resultado em que a relação entre a variação de preços e volume não é significativa, mesmo que ainda seja detectável o princípio comportamental de que movimentos de altas apresentam maiores volumes de negociação.

O importante a ser destacado é o período usado por Medeiros e Doornik (2008). Esse período não aprecia a participação do HFT no mercado, fator relevante que é retomado por Araújo e Montini (2018).

Antes de tratar o artigo sobre volatilidade e volume com o HFT de Araújo e Montini (2018) é importante entender as premissas de um terceiro artigo que serviu como premissa fundamental para a investigação do funcionamento do HFT na relação volume e volatilidade feita por Portnoy (2011).

A teoria de Portnoy (2011) sustenta-se em um simples modelo de oferta e demanda, sendo que a oferta de ações é inelástica, porque é da natureza do ativo manter a quantidade ofertada a não ser que a empresa queira desdobrar suas ações em busca de liquidez ou alterar sua estrutura de capital e expandir o controle aos acionistas ofertando mais ações (ASSAF NETO, 2012). A demanda é determinada por diversos fatores, podendo ser as expectativas futuras para o comportamento dos preços ou como os *players* interpretam o valor intrínseco através da análise fundamentalista (PORTNOY, 2011).

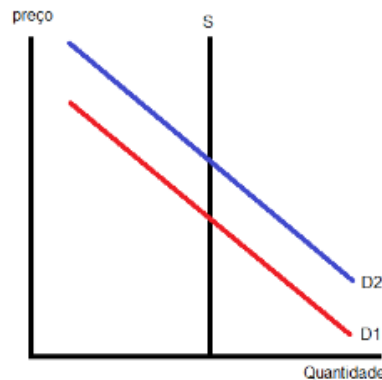
Gráfico 1- Oferta x Demanda do Mercado Acionário



Fonte: Portnoy (2011), elaborado pelo autor

Quando ocorre um aumento no volume de operações a curva de demanda é deslocada, para a direita caso ocorra um aumento nas negociações de compra e para esquerda caso ocorra um aumento nas negociações de venda. O HFT não faz análise fundamentalista, ele não interpreta o ativo que está em negociação, ele só utiliza dos movimentos dos preços para se posicionar e, assim, só segue o que os outros players estão majoritariamente fazendo, o que é um problema já que ocorre uma possibilidade de inflacionar ou deflacionar o papel, o que faz com que a demanda desloque ainda mais do que deslocaria normalmente sem sua existência (PORTNOY, 2011).

Gráfico 2- Oferta x Demanda do Mercado Acionário Pós HFT



Fonte: Portnoy (2011), elaborado pelo autor

A detecção do HFT é simples porque é possível ver um aumento relevante no volume quando os preços estão em comportamento tendencioso, tal comportamento do volume já é observável há tempo (PORTNOY, 2011).

Com o objetivo de detectar o impacto do HFT na relação volume-volatilidade é incorporado na análise o mesmo modelo que Portnoy (2011) utilizou. Este posiciona as alterações na quantidade de operações como fator determinístico da volatilidade dos preços, utilizando a seguinte equação empregada por ele (p.71, 2011):

$$\Delta\text{preço} = c + \beta (\Delta\text{Volume})^5$$

Sendo que c é a variação do preço caso a variação do volume de negociações seja zero e o parâmetro β é a sensibilidade da variação do preço em relação a variação de volume, ou seja, o medidor da relação volatilidade-volume.

Portnoy (2011) apresenta duas versões para a variação do preço, PHL – *High and Low Prices* – e o POC – *Open and Close Price* –, dessa forma é possível detectar, respectivamente, o impacto do volume no preço mínimo e máximo do período e nos preços de abertura e fechamento do ativo.

Araújo e Montini (2018) se atribuem das premissas da contribuição feita por Portnoy (2011) e revisita o tema abordado por Merdeiros e Doornik (2008), a relação volatilidade-volume no mercado acionário nacional, mas agora utilizando de um

⁵ $\Delta\text{price} = c + \beta (\Delta\text{Volume})$

período em que o HFT existe.

Diferente do estudo no período onde inexistente o HFT, o volume tem impacto positivo na volatilidade, mas ainda há o reforço que é uma área de estudo nevoada por se afunilar profundamente em dois setores do conhecimento, a ciência da computação e as finanças, assim o debate sobre o tema ainda se reside em literatura teórica sobre a volatilidade-volume.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *High-Frequency Trading* criou brechas para ser considerado um instrumento a produzir impacto negativo na qualidade do mercado. O início de sua popularização a partir de evento marcado pelo furto de um código de algoritmo HFT e a estabilização ocorrendo graças a um flash crash, já cria aspectos negativos em um tema que os estudos ainda são incipientes.

A existência de um algoritmo de baixa latência é fruto de um trajeto enfreavel do avanço tecnológico que se mescla ao mercado financeiro, não é o primeiro momento de choque que o mercado recebe, não será o último, o que ocorre agora é um momento de readaptação.

Os supostos efeitos negativos do *High-Frequency Trading* na relação volatilidade-volume é só um catalizador das movimentações de preço, mas não existe impacto direto na variação dos preços em termos médios. Mesmo no flash crash de 2010, o mercado voltou para uma aproximação razoável junto às médias no longo prazo.

O preço volta para a média porque o HFT não trabalha com fundamentos, ele é ignorante em relação ao ativo, todo o seu movimento é baseado em preços, mesmo que tal característica reduza seu negativismo em relação aos preços, sua sensibilidade aos preços cria possibilidade para que investidores qualificados criem falsas tendências curtas que sirvam de isca para o HFT forçar a direção do preço.

Assim se estabelece um ambiente de guerra entre as grandes casas de investimentos dentro de um mercado em que todos os players estão localizados, colocando o investidor doméstico em uma situação delicada perante grande volutilidade e alienação de informação.

Mas se colocar a relação dos investidores domésticos com o risco, um ambiente volátil provocado pelo HFT deixa um mercado não alavancado horizontal mais atraente para a especulação, o mercado em sua plenitude cria mais espaço para aqueles que buscam retorno no curto prazo.

Não só a volatilidade cria espaço para especulação, mas a busca otimizada por baixa latência aumenta o nível de liquidez para os investidores domésticos por sua compatibilidade com as ordens marginais posicionadas pelo algoritmo de alta frequência.

O HFT se estabelece como símbolo do potencial da negociação quantitativa,

sendo que o incentivo para se criar modelos de funcionamento de baixa latência e de lucratividade gera novas possibilidades para o estudo de finanças, criando espaço para uma ampla formalização matemática por parte do agente especulativo no mercado, de suas estratégias de negociação.

Avanços tecnológicos em modelagens financeiras matemáticas apresentam benefícios históricos para a literatura financeira, gestão de portfólio ou busca por valor intrínseco, o comportamento quantitativo do HFT possui um histórico de modelagens para se sustentar como eficiente e agora insere extrema relevância na variável tempo.

Não se faz necessária uma “caça as bruxas” ao HFT, um setor ainda incipiente e carente de mais estudos não deve ser marcado por um viés negativo nas suas análises. Portanto, as hipóteses contrárias a ele podem parecer forte, mas precipitações só desconfiguram os avanços científicos que podem surgir sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, A., MONTINI, A., High frequency trading: preço, volume e volatilidade em uma nova microestrutura de mercado. In: **XVII Seminários em Administração**. São Paulo. 2014. Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/17semead/resultado/trabalhosPDF/501.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

ASSAF NETO, A., **Finanças corporativas e valor**. 6ª edição. São Paulo: Atlas. 2012. 762 p.

ARNOLDI, J. Computer Algorithm, Market Manipulation and the Institutionalization of High Frequency Trading. **Theory, Culture and Society**. v. 33, n. 1, p 29-52. 2016. Disponível em: <https://pure.au.dk/portal/files/110458941/Computer_Algorithms_Market_Manipulation_Postprint_2016.pdf> . Acesso em 12 de novembro de 2018.

AURÉLIO, Cristina Maria Amaral. **Assimetria na Volatilidade dos Mercados de Ações**. 2012. 84f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa. Instituto Politécnico de Lisboa. Portugal, Lisboa, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2425/1/Tese%20Mestrado%20Cristina%20Aurelio_Assimetria%20na%20Volatilidade%20dos%20Mercados%20de%20Açoes.pdf>>. Acesso em 12 novembro de 2018.

BEKAERT, Geert; WU Guojun. Asymmetric Volatility and Risk in Equity Markets. In: **The Review of Financial Studies**, v. 13, n. 1, p. 1-42, 2000. Disponível em: <<<https://www.jstor.org/stable/2646079>>>. Acesso em: 12 nov 2018.

BF&M BOVESPA, **Tarifas de programas HFT**. 2017. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/tarifas/listados-a-vista-e-derivativos/tarifas-de-programa-hft/>. Acesso em: 12 nov. 2017.

BIAIS, B; WOOLLEY, P. **High-frequency trading**. Toulouse School of Economics. França, mar. 2011. Disponível em: <[https://repository.nu.edu.sa/bitstream/123456789/2206/1/High%20frequency%20trading%20Bruno%20Biais%20\(Toulouse%20School%20of%20Economics\).pdf](https://repository.nu.edu.sa/bitstream/123456789/2206/1/High%20frequency%20trading%20Bruno%20Biais%20(Toulouse%20School%20of%20Economics).pdf)>. Acesso em: 16 out. 2017.

BLACK, Fischer; SCHOLES, Myron. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. In: **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p 637-654. 1973. Disponível em: <<<https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/260062>>>. Acesso em 12 de novembro de 2018

BRUNI, Adriano L.; FAMÁ, Rubens. Mercados eficientes, CAPM e anomalias: uma análise das ações negociadas na bovespa (1988-1996). In: **Anais do III SemeAd-Seminários de Administração da FEA/USP**, 1998.

CAMPOS, Paulo Jorge Fonseca. **Abordagem comportamental e investimento racional no mercado cambial**: o caso do mercado forex. 2010. 133f. Dissertação

(Mestrado) - Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal. 2010. Disponível em: <<http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/308>>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

CHABOUD, Alain P. et al. Rise of the machines: Algorithmic trading in the foreign exchange market. In: **The Journal of Finance**, v. 69, n. 5, p. 2045-2084, 2014. Disponível em: << <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jofi.12186>>>. Acesso em: 20 de Abril de 2018.

CHAVES, Daniel. **Análise técnica e fundamentalista: divergências, similaridades e complementariedades**. 2004. 119 f. Monografia (trabalho de conclusão de curso). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: << https://fb1f8497-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/joseguilhermesilvavieira/arquivo/A.T.xA.F.-Divergências%2CSimilaridadeseComplementariedades%28DanielChaves%29.pdf?attachauth=ANoY7crwJ9HcUZ12q3ZJ0dz_3cPGSVzHwK5Q8je57DdVWpSHB5CiqIFIOCSvfwYAzU43rn2RvukepYcojpMQB3Oa-axymXPpw1JKaEswnP5ybtYzm-R31C7W8SbZh-mY0nog1oes7FyntiHXj7JizlcxYjpE5wVjSk6KaITrqoCu8gfPMKYvdXaxU2LAKnAM00SSPIBGZdPj_RTps1cPQA1v2qxf7b6soMTFX1caGxxKFWpIL3R5wY1CTyBuDufkvG0xbO5FpfQ792FjGTft6rUJWoytkW7llKWgKOqAnM5AZC3z7JI7o0LvJQolvrmbZjhBq83gV-5Vqxd5jBOCcxjVUo4YWaIC42A%3D%3D&attredirects=0>>. Acesso em: 05 de Maio de 2018.

CHONG, Terence Tai-Leung; NG Wing-Kam. Technical Analysis and London Stock exchange: testing the MACD and RSI rules using the FT30. **Applied Economics Letters**, v. 15, n. 14. p 1111-1114. 2008. Disponível em: <<<https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F13504850600993598>>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

CLARK, P. K. A subordinated stochastic process model with finite variance for speculative prices. In: **Econometrica**. Vol. 41, p. 135-155, 1973. Disponível em: <<<http://www.jstor.org/stable/1913889>>>. Acesso em 05 de maio de 2018.

CVM, **O Mercado de Valores Mobiliários Brasileiro**. 3a edição. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 376p. 2014

COSTA, Isac Silveira da. **High frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular**. 2018. Tese de Doutorado. Disponível em <<<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/20720>>>. Acesso em 05 de maio de 2018

DAMODARAN, Aswath. Introduction to Valuation. In: **Handbook of Finance**, 2005. Disponível em <<<http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/eqnotes/VallIntro.pdf>>>. Acesso em: 05 de maio de 2018

EPPS, Thomas W. Security price changes and transaction volumes: Theory and evidence. In: **The American Economic Review**, v. 65, n. 4, p. 586-597, 1975. Disponível em: <<<http://www.jstor.org/stable/1806536>>>. Acesso em 05 de maio de

2018

FURRIEL, Ana Margarida Queirós Sepulveda. **Modelos Heterocedásticos – ARCH e GARCH**. 2011. 69f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011. Disponível em: <<<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57365/2/TeseMestradoMargaridaSepulveda.pdf>>>. Acesso em 12 de novembro de 2018

GABE, João. **Volatilidade Implícita Versus Volatilidade Estatística: Uma Avaliação para o Mercado Brasileiro a Partir dos Dados de Opções e Ações da Telemar S.A.** 2003. 130f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2654/000374252.pdf?sequence=1>>>. Acesso em 12 de novembro de 2018

GALVÃO, Alexandre. **Mercado Financeiro: Uma nova abordagem prática dos principais produtos e serviços**. 1ª edição, Elsevier, 2006.

GOMBER, Peter et al. **High-frequency trading**. jun. 2011. 86 f. Goethe University, Frankfurt. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1858626>. Acesso em: 16 out. 2017.

JAIN, Prem C. Response of hourly stock prices and trading volume to economic news. In: **Journal of Business**, p. 219-231, 1988. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2352901>>. Acesso em: 05 de maio de 2018.

JOHNSTON, John. Information Events, Big Data, and the Flash Crash. In: **Ubiquitous Computing, Complexity and Culture**, p. 378-392, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/profile/John_Johnston8/publication/297759313_INFORMATION_EVENTS_BIG_DATA_AND_THE_FLASH_CRASH/links/56e2f5e408ae539fbfc06f48/INFORMATION-EVENTS-BIG-DATA-AND-THE-FLASH-CRASH.pdf>>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

KIRILENKO, Andrei; et al. The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on a Electronic Market. **The Journal of Finance**. v. 72, n. 3, p 967-998. 2017. Disponível em: <<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jofi.12498>>>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

KIRKPATRICK, Charles D., DAHLQUIST, Julie R., **Technical Analysis**. 2ª edição. Estados Unidos da América, New Jersey: Pearson Education, Inc.. 2011. 671 p.

KARPOFF, J. M. The relation between price changes and trading volume: a survey. In: **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**. Vol. 22, n. 01, 1987. Disponível em <<<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-financial-and-quantitative-analysis/article/relation-between-price-changes-and-trading-volume-a-survey/DBE2C70FA41E390EB8FA418BBFFD76C8>>>. Acesso em 05 de maio de 2018.

LO, Andrew W., MAMAYSKY, Harry; WANG, Jiang. Foundations of Technical Analysis Computational Algorithms, Statistical Inference, and Empirical Implementation. **The Journal of Finance**. v. 55, n. 4, p. 1705-1765. 2000. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/222377>>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

MARTINI, G. H. **High-frequency trading**: os algoritmos e as operações de alta frequência nas bolsas de valores. 2015 26f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em <<http://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/45078>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

MCGOWAN, Michael J. The rise of computerized high frequency trading: use and controversy. **Duke L. & Tech. Rev.**, p. i, (publicação online) 2010. Disponível em: <https://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.com.br/scholar?start=10&q=algotrading&hl=pt-BR&as_sdt=0,5&httpsredir=1&article=1211&context=dltr>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

MEDEIROS, O. R.; DOORNIK, B. F. N. V. The empirical relationship between stock returns, return volatility and trading volume in the Brazilian stock market. In: **Brazilian Business Review - BBR**. Vol. 5, n. 01, p. 01-17, 2008. Disponível em <<https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=897340>>. Acesso em 05 de maio de 2018.

MISES, Ludwig Von. As Seis Lições, Brasil, LVM Editora, 2010,

NISON, Steve. **Japanese Candlestick Charting Techniques**.. Estados Unidos da América, Nova Iorque: New York Institute of Finance. 1991. 315 p.

PENTAGNA, A. P. **High frequency trading**: riscos e propostas de regulamentação. 2015, 29 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/42903>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

PORTNOY, K. High frequency trading and the stock market: a look at the effects of trade volume on stock price changes. In: **The Park Place Economist**. V. 19, n.1, 2011. Disponível em: <<<https://digitalcommons.iwu.edu/parkplace/vol19/iss1/15/>>>. Acesso em: 05 de maio de 2018.

PÓVOA, Alexandre. Valuation, a arte de precificar. In: PÓVOA, Alexandre. **Valuation**: como precificar ações. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. Cap. 01, p.1-14. 2012.

PRING, Martin J. **Technical analysis explained**. McGraw-Hill Companies, 2002.

QUELHAS, José Manuel. High-frequency trading (HFT). **Boletim Ciências Economicas**, v. 58, p. 369 - 399, 2015. Disponível em: <<https://dl.uc.pt/bitstream/10316.2/39888/1/High-frequency%20trading.pdf>>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

RAGUNATHAN, Vanitha; PEKER, Albert. Price Variability, Trading Volume and

Market Depth: Evidence from the Australian Future Market. In: Applied Financial Economics, v.7, p. 447 – 454, 1997. Disponível em: << https://www.researchgate.net/publication/24071517_Price_Variability_Trading_Volume_and_Market_Depth_Evidence_from_the_Australian_Futures_Market>>. Acesso em 5 maio 2018

ROSSI, Pedro. O Mercado Internacional de Moedas, O Carry Trade e as Taxas de Câmbio. In: **Observatório da Economia Global**. n. 5, p 1-71, 2010. Disponível em <http://www3.eco.unicamp.br/cecon/images/arquivos/observatorio/O_mercado_internacional_de_moedas.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

SAFFI, Pedro AC. Análise técnica: sorte ou realidade?. In: **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 4, p. 953-974, 2003.

SCHWAGER, Jack D. **A complete guide to the futures markets: fundamental analysis, technical analysis, trading, spreads, and options**. John Wiley & Sons, 2ª edição, New Jersey, Estados Unidos da América, 2017.

SPOLODOR, Humberto Francisco S.; MELHO, Fernando H.. O mercado de crédito e a experiência brasileira de financiamento da agricultura. In: **Revista Econômica Sociológica Rural**, v. 41, n. 3. p 9-28, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032003000300001&script=sci_arttext&tlng=es>>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

STIGLITZ, Joseph E. Governo, mercado financeiro e desenvolvimento econômico. In: **Revista Brasileira de Economia**, v. 44, n. 3, p. 269-296, 1990. Disponível em: << <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/458>>>. Acesso em 05 de maio de 2018.

TADIELLO, G. **High-frequency trading e eficiência informacional: uma análise empírica do mercado de capitais brasileiro no período 2007-2015**. 2016. 138f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Departamento de Pós-Graduação em Administração, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-12012017-161053/en.php>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

TAUCHEN, George E.; PITTS, Mark. The price variability-volume relationship on speculative markets. In: **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 485-505, 1983. Disponível em: << https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/1877/Tauchen_the_price_variability_volume_relationship_on_speculative_markets.pdf>>. Acesso em: 05 de maio de 2018.

YOSHINAGA, Claudia Emiko et al. Finanças comportamentais: uma introdução. In: **REGE Revista de Gestão**, v. 15, n. 3, p. 25-35, 2008. Disponível em: << <https://www.revistas.usp.br/rege/article/view/36644>>>. Acesso em: 05 de maio de 2018.