

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Direito

Thays Murta dos Santos Cruz

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS:
regulação precaucional das negociações de alta frequência à luz da multifuncionalidade
da responsabilidade civil**

Belo Horizonte

2024

Thays Murta dos Santos Cruz

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS:
regulação precaucional das negociações de alta frequência à luz da multifuncionalidade
da responsabilidade civil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Direito.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Goulart Pimenta.

Belo Horizonte

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

C957i	<p>Cruz, Thays Murta dos Santos Inteligência artificial e mercado de valores mobiliários: regulação precaucional das negociações de alta frequência à luz da multifuncionalidade da responsabilidade civil / Thays Murta dos Santos Cruz. Belo Horizonte, 2024.</p>
	<p>129 f.: il.</p>
	<p>Orientador: Eduardo Goulart Pimenta Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Direito</p>
	<p>1. Comissão de Valores Mobiliários (Brasil). 2. Mercado de valores mobiliários. 3. Inteligência artificial - Aspectos jurídicos. 4. Inteligência artificial - Regulação. 5. Algoritmos - Utilização - Aspectos jurídicos. 6. Inovação tecnológica - Responsabilidade civil. 7. Princípio da precaução. I. Pimenta, Eduardo Goulart. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Direito. III. Título.</p>
	<p>SIB PUC MINAS</p>
	<p>CDU: 336.76</p>

Thays Murta dos Santos Cruz

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS:
regulação precaucional das negociações de alta frequência à luz da multifuncionalidade
da responsabilidade civil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Direito.

Prof. Dr. Eduardo Goulart Pimenta – PUC Minas (Orientador)

Prof. Dr. Rodrigo Almeida Magalhães – PUC Minas (Banca Examinadora)

Prof. Dr. César Augusto de Castro Fiuza – UFMG (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 19 de março de 2024.

*Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive.¹*

¹ REIS, Ricardo. **Poesia**, edição Manuela Parreira da Silva. Lisboa: Assírio & Alvim, 2000, p. 130.

AGRADECIMENTOS

O célebre pensamento atribuído ao escritor americano Ernest Hemingway nunca fez tanto sentido quanto no presente momento. De fato, nas trincheiras da vida, pude comprovar empiricamente que aqueles que nos apoiam, quase sempre, significam mais do que a própria batalha. Não poderia então deixar de manifestar minha mais profunda gratidão àqueles que dividiram este percurso comigo.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Cristiane e Marcos, pelo amor e suporte incondicionais e essenciais à concretização deste sonho.

Agradeço também à Josi que sempre foi e será lar para mim e, por muitas vezes, acreditou mais na minha capacidade do que eu mesma. À Cacau e à Sarah, minhas fiéis escudeiras de quatro patas, que foram a melhor companhia em madrugadas de escrita e dias de pouca inspiração.

Minha gratidão ao meu irmão, Bruno, que me estendeu a mão de todas as formas possíveis e me guiou pelo caminho da docência.

Agradeço também à Ana e ao Jeferson, a quem hoje também chamo de família, por terem sido cúmplices em todo esse processo, compartilhando risos e prantos e, principalmente, apoio até a consolidação da minha pesquisa.

Sou grata também aos amigos discentes, em especial, à Érica e à Carolina, e aos mestres, especialmente meu orientador Professor Doutor Eduardo Goulart Pimenta e à Professora Doutora Maria de Fátima Freire de Sá, que me inspiraram a ser o meu melhor durante todo o percurso do mestrado.

Meu agradecimento também aos meus sócios, Professor Doutor César Fiuza, Lucas e Ricardo, por toda compreensão e suporte, inclusive quando precisei abdicar das atividades do escritório para me dedicar à presente pesquisa.

Por fim, agradeço a Alice por ter sido importante fôlego novo na reta final deste caminho.

Obrigada.

RESUMO

O intuito da pesquisa foi analisar o atual contexto de aplicação de sistemas de inteligência artificial às negociações algorítmicas realizadas no mercado de valores mobiliários brasileiro, bem como promover a reflexão sobre a possibilidade de desenvolvimento de um modelo regulatório que privilegie a função precaucional da responsabilidade civil no que permeia aos danos ocasionados neste interim. Para tal, parte-se do seguinte problema: quais são os possíveis riscos e danos previsíveis na atuação do algoritmo no mercado de valores mobiliário e qual proposta de regulação proporciona a mitigação desses riscos e a inibição desses danos previsíveis, em detrimento de apenas compensá-los após sua ocorrência? Para responder às questões sob análise, utilizou-se do método de abordagem dedutivo, e como método de procedimento adotou-se o bibliográfico, com a análise de livros e artigos científicos. Concluiu-se pela necessidade do desenvolvimento de um ambiente regulatório das negociações de alta frequência que compatibilize normas gerais regulatórias de inteligência artificial e a regulação setorial da atividade, prevalecendo, ao final, uma perspectiva precaucional regulatória e multifuncional no que tange ao regime de responsabilização civil aplicável.

Palavras-chave: inteligência artificial; negociação algorítmica; mercado de valores mobiliários; regulação; precaução; responsabilidade civil.

ABSTRACT

The purpose of the research was to analyze the current context of application of artificial intelligence systems to algorithmic negotiations carried out in the Brazilian securities market, as well as to promote reflection on the possibility of developing a regulatory model that favors the precautionary function of civil liability in the which permeates the damage caused in the meantime. To this end, we start from the following problem: what are the possible risks and foreseeable damages in the performance of the algorithm in the securities market and which regulatory proposal provides the mitigation of these risks and the inhibition of these foreseeable damages, instead of just compensating them? them after their occurrence? To answer the questions under analysis, the deductive approach method was used, and the bibliographical method of procedure was adopted, with the analysis of books and scientific articles. It was concluded that there is a need to develop a regulatory environment for high-frequency trading that makes general artificial intelligence regulatory standards and sectoral regulation of the activity compatible, prevailing, in the end, a regulatory and multifunctional precautionary perspective with regard to the civil liability regime applicable.

Keywords: artificial intelligence; algorithmic trading; securities market; regulation; precaution; civil responsibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Definições da inteligência artificial segundo Stuart Russell e Peter Norvig	33
Figura 2 – Aprendizagem da máquina.....	38
Figura 3 – Classificação da inteligência artificial segundo os graus de inteligência.....	39
Figura 4 – Macroestrutura do mercado financeiro brasileiro	44
Figura 5 - Modelos de DMA.....	50
Figura 6 – Evolução das negociações de alta frequência no Brasil entre os anos de 2010 e 2014.	60
Figura 7 – Critério quantitativo de HFT.....	62
Figura 8 – Conceito completo de HFT.	66
Figura 9 – Ciclo das práticas abusivas de manipulação de mercado.....	70
Figura 10 – Cronologia do Caso Carlos Ozawa	72
Figura 11 – Pilares da avaliação de impacto algorítmico	100
Figura 12 – Avaliação de impacto dos algoritmos de negociação de alta frequência.....	102

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ASIC	Australian Securities and Investments Commission
BSM	BM&FBovespa Supervisão de Mercados
BACEN	Banco Central
CJSUBIA	Comissão de Juristas responsável por subsidiar elaboração de substitutivo sobre inteligência artificial no Brasil
CMN	Conselho Monetário Nacional
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
<i>DMA</i>	<i>Direct Market Access</i>
HFT	High frequency trading
HFT's	High frequency traders
IA	Inteligência Artificial
ONU	Organização das Nações Unidas
PAS	Processo Administrativo Sancionador
PN	Participante de negociação
PNP	Participante de negociação pleno
RNA	Redes Neurais Artificiais
SEC	Securities and Exchange Commission

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	25
2.1	Do teste de Turing ao <i>CHAT GPT</i>: esboço histórico e estado da arte da inteligência artificial	25
2.2	Concepções de inteligência artificial, algoritmos e aprendizado da máquina	34
2.3	Perspectivas e desafios do futuro tecnológico: o que esperar da IA amanhã?	42
3	O MERCADO FINANCEIRO	45
3.1	Mercado de valores mobiliários brasileiro	49
3.1.1	<i>Esboço histórico</i>	49
3.1.2	<i>Aspectos gerais: características e regulação do mercado de valores mobiliários brasileiro</i>	51
3.2	Estrutura do mercado secundário	56
3.3	Microestrutura do mercado secundário	58
4	FINANÇAS DIGITALIZADAS: ASCENSÃO TECNOLÓGICA NO MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS.....	64
4.1	Robôs de investimento, negociação algorítmica e negociação algorítmica de alta frequência	66
4.1.1	<i>Construindo um conceito de HFT</i>.....	71
4.1.2	<i>Argumentos favoráveis à atividade HFT</i>	76
4.1.3	<i>Argumentos desfavoráveis e riscos nas negociações de alta frequência</i>.....	78
4.2	Algumas conclusões sobre HFT	83
5	REGULAÇÃO DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS	85
5.1	Regulação da Inteligência Artificial no Brasil	85
5.1.1	<i>A categorização dos riscos dos sistemas de IA usados em negociações algorítmicas de alta frequência</i>	90
5.1.2	<i>Regulação precaucional da inteligência artificial</i>.....	96
5.1.2.1	<i>Aspectos gerais do princípio da precaução</i>.....	96
5.1.2.2	<i>Aplicação do princípio da precaução às negociações algorítmicas feitas no mercado de valores mobiliários</i>.....	103
5.2	Regulação das negociações algorítmicas de alta frequência com base na multifuncionalidade da responsabilidade civil.....	105

SUMÁRIO	
5.3	Respostas regulatórias setoriais; regulação da Inteligência Artificial no mercado de valores mobiliários..... 110
5.4	Conclusão..... 115
6	CONCLUSÃO..... 117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 120

1 INTRODUÇÃO

A influência da tecnologia na estruturação do sistema econômico é patente e não há qualquer ineditismo nesta constatação. Embora carregada de obviedade, a ideia do desenvolvimento tecnológico como fator economicamente vantajoso está consolidada em dois pilares da existência humana: o tempo e o espaço.

Immanuel Kant, filósofo alemão de grande destaque na modernidade, concebe a ideia de tempo como fator insuprível na análise dos fenômenos em geral.² Atrelada umbilicalmente ao tempo, estaria a noção de espaço, a qual, segundo o filósofo alemão, seria a forma de sistematização do que é externo ao sujeito.³

Para além da exposição metafísica de Kant, uma análise político-econômica da sociedade moderna traz a compreensão de que, quanto maior o controle exercido sobre o tempo e o espaço, maior será a vantagem exercida no mercado pelo sujeito.

O domínio sobre tempo e espaço, historicamente, se mostrou como fonte de poder socioeconômico. Na primeira metade do século XIX, durante o apogeu fordista, trabalhadores eram organizados em linhas automáticas de montagem que catalisavam a produção industrial a partir do uso da tecnologia para comprimir o gasto temporal.⁴

O modelo fordista prevaleceu até o início da década de 1970, quando a rigidez do modelo se tornou insustentável diante do novo contexto socioeconômico que se estruturou. Isto porque o fordismo demandava investimentos de capital fixo em larga escala e de longo prazo, além de ser objeto de intenso confronto com a classe trabalhadora que intensificaram a pressão em prol da garantia de direitos sociais.

Com o aumento da pressão por direitos sociais, os gastos públicos se elevavam sensivelmente, restando ao Estado, como saída para equilibrar o orçamento público e proteger a estabilidade econômica, flexibilizar a política monetária e intensificar a emissão de moeda. Com mais dinheiro circulando, a inflação passou a subir drasticamente, o que culminou em uma grave recessão em 1973, e sedimentou o divórcio entre o capitalismo então vigente e o modelo fordista.

² KANT, Immanuel. **Crítica da Razão Pura**. Tradução de Alex Martins. São Paulo: Martin Claret. 2003, p.73.

³ SANTOS, Renan Gauthier Cardoso dos. O ESPAÇO EM KANT E SUAS INFLUÊNCIAS NA DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE REGIÃO EM ALFRED HETTNER E RICHARD HARTSHORNE. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, n. 1, p. 185, 2009. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/549/3592>. Acesso em 13 mar. 2023.

⁴ HARVEY, David. **Condição pós-moderna**. Tradução de Adail Ubirajarra Sobral e Maria Stela Gonçalves. 21. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2011. p. 121.

O domínio do tempo, do espaço e de recursos tecnológicos, conjuntamente ao grau de rigidez da regulação da atividade econômica, se mostrou, portanto, como fator decisivo para a transição do fordismo para o modelo de acumulação flexível.

No novo cenário globalizado que passou a se desenhar a partir da década de 1980, dá-se o fenômeno da mundialização financeira⁵, o qual segue duas tendências no que toca ao mercado de capitais: a intensificação dos investimentos voltados para construção de sistemas de produção e circulação de informações em tempo real e o desenvolvimento de ferramentas aptas a romperem com as barreiras territoriais para permitirem a realização de negociações simultâneas em diferentes mercados na maior velocidade possível.⁶

A compressão do tempo e espaço, portanto, passa a ter ainda maior relevância em um modelo econômico com poucas barreiras geográficas, culminando em uma disputa acirrada pelo domínio de tecnologias avançadas capazes de gerar vantagem competitiva aos agentes atuantes do mercado financeiro.

A este modelo econômico pautado no uso de tecnologia na obtenção de velocidade informacional para a tomada de decisões mais vantajosas, Edemilson Paraná dá o nome de *finança digitalizada* e traz a seguinte definição:

De modo geral, definimos como *Finança Digitalizada* o complexo técnico-operacional de gestão da circulação, acumulação e valorização do capital financeiro por meio de recursos tecnológicos automatizados de ponta que aceleram a compressão dos fluxos espaço-tempo para exploração de ganhos financeiros por meio de especulação e arbitragem de papéis, moedas e outros ativos.⁷

A tomada de decisões de forma automatizada tem origem no contexto da quarta revolução industrial, período em que o uso de tecnologias de ponta se estendeu aos mais diversos segmentos do cotidiano e que o processamento de dados de forma massificada através do desenvolvimento do *big data* modificou o processo de escolha de forma definitiva.⁸

⁵ CHESNAIS, F. A mundialização do capital. São Paulo: Xamã, 1996 *apud* PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 246, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023.

⁶ PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 246, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023.

⁷ PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 247-428, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023.

⁸ LINDOSO, Maria Cristine Branco. Discriminação de gênero em processos decisórios automatizados. 2019. Dissertação (Mestrado em Direito) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019. p.13. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jsui/handle/10482/38524>. Acesso em: 08 ago. 2023.

A automatização da tomada de decisões ganha maior relevo ainda no cenário do mercado de valores mobiliários, em que o sucesso de determinado investimento, em regra, está vinculado à capacidade de análise de variáveis informacionais e ao maior grau de racionalidade na escolha feita para que os ganhos sejam maximizados.

Uma decisão na seara do mercado financeiro embasa-se, precipuamente, em quatro questionamentos: quando decidir; quanto comprar ou vender; em qual lugar a decisão deverá ser tomada (ambiente físico ou digital) e o que será objeto da compra e venda.

Dessa forma, ao menos em tese, tendo em vista a enorme capacidade de armazenamento e processamento de informações pelos algoritmos, o uso destes na tomada de decisões no mercado de capitais possibilitaria máxima racionalidade e, logo, uma escolha com menos riscos e custos e maiores ganhos.

Contudo, um ponto central de controvérsia merece ser analisado no que permeia o uso dos algoritmos em negociações financeiras: a possibilidade de que a tecnologia, que opera em capacidade de processamento informacional muito superior em velocidade e quantidade à humana e cujo processo de funcionamento ainda é objeto de pouco entendimento, manipule artificialmente a formação de preços no mercado.

Não obstante, afóra a possibilidade de que os algoritmos de negociação sejam utilizados na prática de condutas ilícitas, segundo Isac Silveira da Costa⁹ outros possíveis problemas merecem destaque, como o comprometimento à equidade de oportunidades aos investidores e da transparência informacional para a tomada de decisões e o incremento de riscos e incertezas relacionados ao mau funcionamento dos algoritmos de negociação, os quais podem comprometer a integridade do mercado.

Diante das possíveis implicações decorrentes do uso de algoritmos de negociação, a necessidade de formulação de respostas regulatórias não deveria ser objeto de debate. Ainda assim, argumentos contrários à regulação subsistem e continuam ancorados a velhas máximas, como o *laissez-faire*, a incompatibilidade entre a regulação e os avanços tecnológicos e econômicos e o desafio na formulação de respostas regulatórias diante de um contexto de incertezas e parco conhecimento como o da inteligência artificial.

Dessa forma, assumindo como premissas: (1) a importância da regulação dos algoritmos de negociação no mercado de valores mobiliários; (2) a atual conjuntura do ordenamento jurídico brasileiro que demanda regulação setorial para a atuação como investidor no mercado de valores mobiliários ; (3) a existência de riscos conhecidos na atuação dos algoritmos; (4) a

⁹ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p.185-187.

previsibilidade da ocorrência dos danos na atuação de algoritmos voltados ao processo de tomada de decisão; questiona-se, a partir da presente pesquisa, quais são os possíveis riscos e danos previsíveis na atuação do algoritmo no mercado de valores mobiliário e qual proposta de regulação proporciona a mitigação desses riscos e a inibição desses danos previsíveis, em detrimento de apenas compensá-los após sua ocorrência?

Destarte, o objetivo da presente pesquisa é a análise e a ideação de um ambiente regulatório da atividade de negociação algorítmica, mormente de alta frequência, que priorize a perspectiva precaucional, especialmente no que permeia ao modelo de responsabilidade civil aplicável neste contexto.

Em relação à metodologia, utilizou-se do método de abordagem dedutivo, e como método de procedimento adotou-se o bibliográfico, com a análise de livros e artigos científicos.

2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A possibilidade de uma máquina reproduzir comportamentos humanos, ao contrário do que sustenta o senso comum, não se tornou objeto de debates apenas a partir do século XX. Descartes, notório filósofo francês nascido no século XVI, em sua obra “Discurso do método”, datada de 1637, já especulava sobre a existência de máquinas capazes de imitar as ações humanas.

Contudo, apesar de pretérita à sociedade moderna, incontestemente que o uso da IA sofreu importante ampliação na última década, sendo possível notar a presença da tecnologia nos mais diversos segmentos na contemporaneidade. Desde algoritmos usados em centrais de atendimento até sofisticados robôs investidores – *High frequency traders (HFTs)*, é incontestável que a inteligência artificial se tornou parte indissociável da vida pós-moderna.

Nada obstante, tamanha evolução trouxe consigo também impactos indesejados, os quais se tornaram objeto de ávidas discussões pela comunidade científica e pelo poder público, bem como a necessidade de que haja amadurecimento científico para que o uso sustentável da tecnologia prevaleça em um futuro próximo.

Isto posto, o presente capítulo será dedicado à análise do esboço histórico e estado da arte da IA, bem como ao aprofundamento de concepções relativas à tecnologia e aos modelos de aprendizagem da máquina.

2.1 Do teste de Turing ao *CHAT GPT*: esboço histórico e estado da arte da inteligência artificial

O matemático britânico Alan Turing, estava desde a década de 1930, instigado pela hipótese de computadores reproduzirem as operações típicas do cérebro humano. Em meados da década de 1940, Turing se uniu ao também cientista Claude Shannon e a fusão da bagagem científica dos dois permitiu a formulação de uma conclusão que alteraria os rumos da tecnologia dali para frente: trata-se da possibilidade de que máquinas resolvessem problemas não apenas matemáticos, mas também envolvendo lógica, através da operação com instruções binárias.¹⁰

Transcendendo a perspectiva de resolução de problemas matemáticos, Turing, passou a se dedicar a investigar se as máquinas poderiam desenvolver a capacidade de aprendizagem,

¹⁰ ISAACSON, Walter. **Os inovadores: uma biografia da revolução digital**. São Paulo: Companhia das Letras, 2014. p. 159-160.

logo, se os computadores poderiam ultrapassar a mera realização de comandos e aperfeiçoarem soluções próprias, em uma espécie de inteligência não humana.

Em 1950, Turing publicou seu trabalho “*Computing Machinery and Intelligence*” no jornal *Mind*, em que propôs o famoso teste para validação da hipótese de que máquinas seriam capazes de pensar. O teste de Turing, apelidado como “jogo da imitação”, partia da avaliação de respostas dadas por um ser humano e por uma máquina a um interrogador que não sabia previamente quem seria o autor da resposta em análise. Caso o questionador não identificasse quais respostas partiram do ser humano e quais teriam sido fornecidas pelo computador, estaria confirmada a capacidade de pensamento ventilada por Turing.

Em 1956, a inteligência artificial ganhou seu selo oficial de existência a partir dos estudos promovidos no *Dartmouth College* por John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon, Nathaniel Rochester e outros cientistas.¹¹ A pretensão do grupo era destrinchar o processo de aprendizagem da máquina, tarefa que, apesar de parcialmente bem-sucedida, até hoje não foi definitivamente concluída.

Ao final da década de 1960, estoura o que Russell¹² denomina como a primeira bolha da IA, sendo esta resultante dos contínuos fracassos nas tentativas de desenvolvimento da aprendizagem automática. O desprestígio da inteligência artificial perdurou durante toda a década de 70 e, somente na década de 1980, voltou a receber atenção e investimentos para a continuidade do desenvolvimento tecnológico.

Contudo, a pouca maturidade científica em relação ao funcionamento da IA e o consequente insucesso na execução de algumas tarefas atribuídas à máquina, culminaram na eclosão da segunda bolha¹³ e trouxeram aos cientistas a noção de que o desenvolvimento de sistemas de IA hábeis a executar as pretensões ventiladas demandaria um mergulho mais profundo no estudo da complexa cadeia tecnológica.

Segundo Russell,¹⁴ durante a segunda recessão da IA foram lançadas as sementes que permitiram os frutos que estão sendo colhidos atualmente. Foi neste contexto que foram gestados e desenvolvidos sistemas de raciocínio probabilístico de larga escala e o processo de aprendizagem profundo, em inglês chamado de *deep learning*.

¹¹ RUSSELL, **Stuart**. **Inteligência Artificial a nosso favor: como manter o controle sobre a tecnologia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2021. p. 14.

¹² RUSSELL, **Stuart**. **Inteligência Artificial a nosso favor: como manter o controle sobre a tecnologia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2021. p. 14.

¹³ RUSSELL, **Stuart**. **Inteligência Artificial a nosso favor: como manter o controle sobre a tecnologia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2021. p. 15.

¹⁴ RUSSELL, **Stuart**. **Inteligência Artificial a nosso favor: como manter o controle sobre a tecnologia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2021.

Bruno Alves Rodrigues¹⁵ sustenta que:

A inteligência artificial substanciada na aprendizagem profunda representa, basicamente, uma ferramenta para “identificar padrões em escalas microscópicas às quais os seres humanos não estão naturalmente adaptados para perceber (TAULLI, 2020, p.9), vinculando-se a estes padrões perceptíveis em uma extensa base de dados (notadamente, big data) a identificação de probabilidades no escrutínio da solução mais eficiente para determinado problema algoritmizado. Trata-se, assim, de ferramenta vocacionada à predição.

A partir da década de 1980, Stuart Russell e Peter Norvig, autores da obra “Inteligência Artificial”, considerada como referência mundialmente sobre o tema, apontam o início do período ainda vigente em relação à IA. Trata-se da concepção da IA como indústria e o reconhecimento científico da tecnologia.

Ao longo da década de 80, sistemas especialistas auxiliaram que o setor das indústrias avançasse da casa dos milhões para os bilhões de dólares,¹⁶ o que, no entanto, não foi suficiente para impedir que a IA passasse por mais um momento de declínio, que somente teve fim com a retomada do interesse na tecnologia em meados da década de 90 e início dos anos 2000.

A partir de 2000, a tecnologia de mineração de dados dá fôlego a uma nova indústria, trata-se do início do paradigma do *big data*, que viabilizou o surgimento de sistemas de IA alimentados por grandes quantidades de dados e que, por consequência, poderiam fornecer substrato para a tomada de decisão.¹⁷

O substrato em questão seria o alto número de dados que, se devidamente analisados, poderiam gerar informações valiosas ao processo decisório. O potencial econômico da análise de dados passa a ser considerado após a publicação do artigo “*How Much Information?*”, em 2001, na UC Berkeley, em que os autores Peter Lyman e Hal R. Varian constataram que, em 1999, a população mundial teria produzido cerca de 1,5 exabytes de informações exclusivas.¹⁸

Cinco anos após o estudo de Lyman e Varian, Roger Magoulas cunha o termo *big data* para designar um conjunto de grande volume de dados.¹⁹ Contudo, como bem ponderado por

¹⁵ RODRIGUES, Bruno Alves. **A inteligência artificial no poder judiciário e a convergência com a consciência humana para a efetividade da justiça**. Thomson Reuters, Revista dos Tribunais, 2021. p. 23.

¹⁶ RUSSELL, Stuart Jonathan. PETER, Norvig. **Inteligência artificial**. Tradução de Regina Célia Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 50.

¹⁷ DONEDA, Danilo Cesar Maganhoto *et al.* Considerações iniciais sobre inteligência artificial, ética e autonomia pessoal. **Pensar - Revista de Ciências Jurídicas**, v. 23, n. 4, p. 3, 2018. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/rpen/article/view/8257/>. Acesso em: 08 ago. 2023.

¹⁸ SILVA, Vinicius Miranda da. **Big Data: Definição e Um Breve Histórico**. Medium, 19 fev. 2019. Disponível em <https://medium.com/@stratiobd/big-data-defini%C3%A7%C3%A3o-e-um-breve-hist%C3%B3rico-a389abcf6a3>. Acesso em 03.out.2023.

¹⁹ SILVA, Vinicius Miranda da. **Big Data: Definição e Um Breve Histórico**. Medium, 19 fev. 2019. Disponível em <https://medium.com/@stratiobd/big-data-defini%C3%A7%C3%A3o-e-um-breve-hist%C3%B3rico-a389abcf6a3>. Acesso em 03.out.2023.

Ana Frazão²⁰, a despeito do inegável potencial dos dados, estes não se confundem com informações. Em outras palavras, os dados seriam o insumo para que se construam informações, o que será feito a partir de *big analytics*.

Em demonstração da necessária complementaridade entre big data e *big analytics*, Ana Frazão²¹ descreve:

Tal diferenciação é importante porque os dados importam, do ponto de vista econômico, na medida em que podem ser convertidos em informações necessárias ou úteis para a atividade econômica. Os dados precisam, portanto, ser processados e trabalhados para que possam gerar valor. Se tal constatação não afasta a importância em si dos dados isolados ou “crus”, tem o importante papel de realçar o fato de que de nada adianta o acesso a dados sem a possibilidade efetiva e eficiente de transformá-los em informação. Daí a progressiva importância que se dá ao big analytics, ou seja, a possibilidade de extrair, a partir dos dados, correlações, padrões e associações que possam ser consideradas informações e conhecimento. Para tal objetivo, é grande a importância dos algoritmos e das máquinas responsáveis por tal processamento. Não é sem razão que dois dos famosos “4 Vs”², que são os critérios de avaliação do big data – velocidade, variedade, volume e valor –, referem-se claramente ao big analytics: a velocidade e o valor. Com efeito, de nada adianta ter grande e diversificado volume de dados se não é possível transformá-los rapidamente em informação útil, sem o que não se pode gerar valor.

Muito embora os conceitos de *big data* e *big analytics* não se confundam com a concepção de inteligência artificial em si, incontestemente que a ascensão de uma economia movida a dados (*data-driven economy*), foi fator determinante para o alvorecer do protagonismo tecnológico na sociedade contemporânea.

Os dados, portanto, passaram a ser usados como matéria-prima de um processo analítico que teria como produto a informação necessária à tomada da decisão mais eficiente. Naturalmente, tal informação se tornou extremamente vantajosa na atividade empresarial e, por representar relevante diferencial competitivo, a pressão para que um volume cada vez maior de dados fosse analisado com máxima acurácia e na maior velocidade possível levou à consolidação definitiva dos sistemas de inteligência artificial.

Isto porque a análise massiva dos dados, também denominada como *data mining*,²² somente se tornou possível através do uso de algoritmos aperfeiçoados por inteligência artificial

²⁰ FRAZÃO, Ana. Pressupostos e funções da responsabilidade civil subjetiva na atualidade: um exame a partir do direito comparado. **Revista do Tribunal Superior do Trabalho**, São Paulo, v. 77, n. 4, p. 17-43, out./dez. 2011. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/28339>. Acesso em: 10 out. 2023.

²¹ FRAZÃO, Ana. Pressupostos e funções da responsabilidade civil subjetiva na atualidade: um exame a partir do direito comparado. **Revista do Tribunal Superior do Trabalho**, São Paulo, v. 77, n. 4, p. 17-43, out./dez. 2011. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/28339>. Acesso em: 10 out. 2023.

²² LINDOSO, Maria Cristine Branco. Discriminação de gênero em processos decisórios automatizados. 2019. Dissertação (Mestrado em Direito) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019.p.13. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/38524>. Acesso em: 08 ago. 2023.

e capazes de analisar volumes de dados enormes, com velocidade infinitamente superior à capacidade humana, e ao menos em tese, com máxima acurácia.

A definição, estrutura e aprendizagem dos algoritmos serão objeto de uma análise aprofundada na seção seguinte, mas o uso destes na tomada de decisão moldou de forma decisiva a utilização de IA e culminou no contexto experimentado hoje em relação à tecnologia.

Segundo o jurista italiano Stefano Rodotà,²³ a humanidade estaria vivendo no momento contemporâneo em uma sociedade da classificação, em que os dados pessoais se tornaram verdadeiras mercadorias e a privacidade um título a ser negociado no mercado. Com isso, a análise massiva de dados possibilitada pela evolução tecnológica, teria ensejado o início de um processo de etiquetamento da humanidade a partir da consolidação de perfis decorrentes da análise algorítmica.

Rodotà²⁴ sustenta ainda sobre a sociedade da classificação:

Retorna a força estruturante que é própria das tecnologias. Se, por exemplo, considerarmos a maioria dos programas com os quais são administradas as relações entre vendedores e compradores, entre fornecedores e usuários de serviços, entre gestores e usuários de sites da Internet, veremos que, em um número relevante de casos, são produzidos os assim chamados *transaccional data* ou *telecommunications-related personal informations (TRPI)*, ou seja, informações geradas a partir do próprio fato de que entre determinados indivíduos ocorreu uma relação contratual que permite ao vendedor ou ao fornecedor de serviços adquirir automaticamente uma série de informações sobre o usuário, e que dizem respeito à sua identificação, aos horários e locais de utilização de serviço, às suas escolhas (e, portanto, suas preferências), às formas de pagamento preferidas, e assim por diante.

Ao processo de utilização massiva de dados pessoais para a categorização de padrões e perfis, dá-se o nome de perfilização ou, em inglês, *profiling*. Segundo Faleiros e Medon,²⁵ a análise por algoritmos de grandes acervos de dados, permite o delineamento de perfis comportamentais de indivíduos, os quais tornam-se objeto de referência para predição em relação à tomada de decisão mais vantajosa em cada contexto.

²³ RODOTÁ, Stefano. A vida na sociedade de vigilância: a privacidade hoje. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

²⁴ RODOTÁ, Stefano. A vida na sociedade de vigilância: a privacidade hoje. Rio de Janeiro: Renovar, 2008. P. 111-112.

²⁵ MEDON, Filipe; FALEIROS JÚNIOR, José Luiz de Moura. Discriminação Algorítmica de preços, perfilização e responsabilidade civil nas relações de consumo. **Revista de Direito da Responsabilidade**, ano 3, 2021, p. 950. Disponível em: <https://revistadireitoresponsabilidade.pt/2021/discriminacao-algoritmica-de-precos-perfilizacao-e-responsabilidade-civil-nas-relacoes-de-consumo-jose-luiz-de-moura-faleiros-junior-filipe-medon/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

A aceitação da datificação, ou seja, tratamento e análise massiva e preditiva de dados por sistemas algorítmicos, como novo paradigma científico,²⁶ é e continua sendo um dos maiores fatores de propulsão do desenvolvimento dos sistemas de IA. Afinal, se os outrora subutilizados dados, atualmente figuram como matéria-prima da economia, nada mais coerente do que a busca do aperfeiçoamento dos algoritmos que transformarão matéria bruta em informações valiosas através de análises preditivas.

O uso de sistemas de inteligência artificial para predição e consequente tomada de decisão pode ser vislumbrado nos mais diversos segmentos da sociedade contemporânea. Medon e Teffê²⁷ sustentam uma divisão didática das aplicações de IA da seguinte forma:

Especialistas sobre o tema elencaram as principais aplicações, a saber: (i) melhoria na infraestrutura, soluções e serviços; (ii) aperfeiçoamento dos sistemas de defesa em cibersegurança; (iii) maiores benefícios em cuidados de saúde das pessoas; (iv) automação no processo de recrutamento de novos empregados; (v) interfaces de conversação inteligentes; (vi) redução no uso de energia e de custos; (vii) previsão de exploração de vulnerabilidades; (viii) melhoria na análise das respostas de consumidores a pesquisas de satisfação; (ix) previsão de mercado; (x) aceleração do processo de leitura, em comparação com seres humanos; (xi) melhoria na contabilidade e análise financeira; (xii) melhoria nas regras de cobrança dos consumidores; (xiii) melhor compreensão de intenções e comportamentos; e (xiv) revisão de propostas.

Em relação ao uso de IA para a melhoria na infraestrutura, soluções e serviços, se destacam algumas iniciativas implementadas pelo poder público brasileiro. Nesse sentido, frisa-se a idealização de “ALICE” (Análise de Licitações e Editais), em 2017, pela Controladoria-Geral da União (CGU) em parceria com o Tribunal de Contas da União (TCU). O sistema é utilizado para prevenir e impedir a ocorrência de fraudes em processos licitatórios e funciona através do uso de IA para o cruzamento de bases de dados diversas.²⁸

No que tange ao uso de IA no aperfeiçoamento dos sistemas de defesa em cibersegurança, de acordo com o *Cost of a Data Breach Report 2022* do IBM Security,²⁹ o uso

²⁶ DIJCK, J. van. Confiamos nos dados? As implicações da datificação para o monitoramento social. **MATRIZES**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 39-59, 2017. DOI: 10.11606/issn.1982-8160.v11i1p39-59. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/matrices/article/view/131620>. Acesso em: 9 out. 2023.

²⁷ DE TEFFÊ, Chiara Spadaccini; MEDON, Filipe. Responsabilidade civil e regulação de novas tecnologias: questões acerca da utilização de inteligência artificial na tomada de decisões empresariais. **REI-Revista Estudos Institucionais**, v. 6, n. 1, p. 314, 2020. Disponível em: <https://estudosinstitucionais.com/REI/article/view/383>. Acesso em 11 nov. 2022.

²⁸ TEIXEIRA DE TOLEDO, A.; MENDONÇA, M. A aplicação da inteligência artificial na busca de eficiência pela administração pública. **Revista do Serviço Público**, [S. l.], v. 74, n. 2, p. 410-438, 2023. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/6829>. Acesso em: 9 out. 2023.

²⁹ IBM SECURITY, *Cost of a Data Breach Report*. 2022. Disponível em: <https://www.ibm.com/downloads/cas/3R8N1DZJ>. Acesso em: 9 out. 2023.

de sistemas de IA na delimitação de perfis maliciosos pode auxiliar na previsão e consequente previsão de ataques cibernéticos.

O setor de saúde no Brasil, por sua vez, é uma das áreas de maior uso da tecnologia. Exemplo disso é o sistema de inteligência artificial “LAURA” que tem como objetivo reduzir as mortes evitáveis por sepsia, que atualmente é a principal causa de morte em Unidades de Terapia Intensiva (UTI) e uma das principais causas de mortalidade hospitalar tardia. Segundo o relatório “A inteligência artificial a serviço do bem social na América Latina e no Caribe: panorama da região e retrato de doze países”, publicado em 2020 pelo Grupo BID, em colaboração com a C Minds, a tecnologia LAURA já teria beneficiado 2,5 milhões de pacientes e reduziu a mortalidade geral em 25 %, salvando 12 vidas por dia.³⁰

Em relação à automação no processo de recrutamento de novos empregados, inolvidável o emblemático caso de discriminação de gênero divulgado em 2014 pela revista *Reuters*.³¹ Conforme apurado pela agência de notícias, a multinacional *Amazon* estaria utilizando de sistema de IA para o recrutamento de novos profissionais, contudo, verificou-se que o algoritmo possuía um viés sexista e, ao escolher os candidatos que seriam contratados, atribuía automaticamente pontuação negativa aos currículos que trouxessem a informação de gênero feminino, resultando na contratação quase integral de homens para as vagas em disputa.

Em 2020, a *Harvard Business School*, em parceria com a *Accenture*, publicou o estudo “*Hidden workers: untapped talent*” (em tradução livre: “Trabalhadores ocultos: talento inexplorado”),³² em que sistemas algorítmicos, em razão de vieses ou falhas na aprendizagem da máquina, acabam por excluir de processos de recrutamento indivíduos mais aptos ao trabalho do que aqueles efetivamente contratados com a tomada de decisão automatizada.

As interfaces de conversação inteligentes, por sua vez, têm como exemplo mais conhecido os *chatbots*, sistemas projetados para interpretar a pergunta ou interação do usuário e oferecer respostas objetivas. Os sistemas conversacionais inteligentes surgiram ainda na

³⁰ GÓMEZ MONT, C., POZO, C. M. D., PINTO, C. M., & ALCOCER, A. V. M. D. C. **A inteligência artificial a serviço do bem social na América Latina e no Caribe: Panorama da região e retrato de doze países**. Banco Interamericano de Desenvolvimento. 2020. Disponível em: <https://publications.iadb.org/es/la-inteligencia-artificial-al-servicio-del-bien-social-en-america-latina-y-el-caribe-panor%C3%A1mica-regional-e-instant%C3%A1neas-de-doce-paises>. Acesso em: 9 out. 2023.

³¹ DASTIN, Jeffrey. Insight: Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. **Reuters**. San Francisco, 10 out. 2018. Disponível em <<https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>>. Acesso em 21 ago.2023.

³² FULLER, Joseph B., RAMAN, Manjari, SAGE-GAVIN, Eva, HINES, Kristen. **Hidden Workers: Untapped Talent**. White Paper. **Harvard Business School Project on Managing the Future of Work and Accenture**. Boston, MA, September 2021. Disponível em: <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=61232>. Acesso em: 10 out. 2023.

década de 1960, com destaque para ELIZA, o primeiro *chatbot* programado para manter diálogos com usuários em linguagem natural.³³

Em outubro de 2022, foi lançado publicamente o polêmico *ChatGPT (Generative Pre-Trained Transformer)*, recurso de inteligência artificial idealizado pela *OpenAI*. Segundo Fábio Cozman, diretor do Centro de Inteligência Artificial (C4AI) da USP, trata-se de uma ferramenta sofisticada de processamento de linguagem natural, em que palavras são transformadas em números e estes são somados, multiplicados e subtraídos diversas vezes, formando, assim, funções altamente complexas.³⁴

Em uma perspectiva superficial, o *ChatGPT* é uma ferramenta que utiliza de associações entre palavras e números para gerar respostas e formular textos conforme as questões introduzidas pelo usuário.

Em um ano de funcionamento público, o *ChatGPT* já coleciona mais polêmicas do que qualquer outro sistema de IA até então. Em 2023, um advogado norte-americano foi punido por ter usado o *ChatGPT* para criar precedentes fictícios e utilizá-los como fundamentação em uma ação judicial.³⁵

O incidente com o uso de *ChatGPT* para criação de precedente falso não é um caso isolado quando se trata da possibilidade do uso da ferramenta para materialização de inverdades, e a razão para tal reside justamente na natureza da tecnologia. Isto porque o *ChatGPT* está inserido no âmbito da inteligência artificial generativa, sobre o conceito, sustentam Bueno e Frugeri:³⁶ “A IA Generativa é uma subcategoria da IAE e IAG que se dedica à criação de sistemas capazes de gerar novos dados, imagens, textos ou outros tipos de conteúdo, com base em modelos estatísticos e algoritmos de aprendizagem de máquina”.

Com isso, se outrora a utilização dos sistemas de IA estava voltada à análise preditiva, agora, no entanto, verifica-se a possibilidade dos algoritmos não apenas processarem dados, mas até mesmo criá-los, inaugurando uma IA generativa.

³³ BARROS, Flavia A.; TEDESCO, P. C. A. R. Agentes Inteligentes Conversacionais: Conceitos Básicos e Desenvolvimento. *In*: José Carlos Maldonado; José Viterbo Filho; Marcio Eduardo Delamaro; Sabrina Marczak.. (Org.). **35 JAI - Jornada de Atualização em Informática**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. v. 1. p. 169-218. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~fab/JAI2016-Barros-Tedesco.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023..

³⁴ BELLESA, Mauro. Os desafios do ChatGPT ao ensino e à pesquisa. **Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo**. 2023. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/noticias/os-desafios-do-chatgpt-para-uma-universidade?searchterm=Chat+GPT>. Acesso em: 10 out. 2023.

³⁵ JORNAL DA USP NO AR. **Punição de advogado nos EUA pelo uso indevido do ChatGPT abre discussão sobre o uso da ferramenta**. Rádio USP. 14 jul. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/punicao-de-advogado-nos-eua-pelo-uso-indevido-do-chat-gpt-abre-discussao-sobre-o-uso-da-ferramenta/>. Acesso em: 10 out. 2023.

³⁶ BUENO, Caio Botrel. FROGERI, Rodrigo Franklin. **ChatGPT e o campo Jurídico: o estado da arte**. 9º Congresso Internacional Grupo Unis. 2023. 1-18.

Superada esta, insta analisar as aplicações da inteligência artificial na previsão de mercado. Segundo o relatório da Deloitte “*Artificial intelligence The next frontier for investment management firms*”,³⁷ o uso de IA para a identificação de correlações não-intuitivas no mercado, a realização de interferências automatizadas e a redução de custos operacionais.³⁸

A utilização de sistemas de IA para a tomada de decisão, especialmente no mercado de capitais, será objeto de seção própria no capítulo quarto, mas, apenas em caráter introdutório, destaca-se o crescimento das negociações algorítmicas de alta frequência (ou em inglês, *high-frequency trading – HFT*)³⁹ e do uso de *robo-advisors*⁴⁰ motivados pela alegada máxima racionalidade presente nas decisões e recomendações feitas por sistemas algorítmicos.

Na seara do direito do consumidor, destaca-se o uso dos sistemas de IA para o direcionamento de ofertas e preços embasados na perfilização. Nesse sentido, muito embora a possibilidade de que produtos, serviços e preços sejam ofertados de forma personalizada possa parecer benéfica aos consumidores, a realidade não tem comprovado essa hipótese.

A discriminação de preços pautada na análise massiva de dados por sistemas de IA pode culminar em prática lesiva quando preços distintos são atribuídos a consumidores em mesmas circunstâncias.

Exemplifica bem a referida hipótese, o caso da “Decolar.com” ocorrido no Brasil em 2016. Na ocasião dos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, a empresa teria oferecido preços variáveis a depender da localização de acesso à plataforma do consumidor, prática discriminatória denominada *geo-pricing*, a qual foi objeto de denúncia pelo Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro.⁴¹

³⁷ DELOITTE. **Artificial Intelligence: The next frontier in investment management.** Disponível em: <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/financial-services/perspectives/ai-next-frontier-in-investment-management.html>. Acesso em: 10 out. 2023.

³⁸ COSTA, Isac Silveira da. IA pode ser fundamental para tornar a gestão de risco mais efetiva. **Conjur.** 2023. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-ago-23/fintech-crypto-uso-inteligencia-artificial-gestao-risco>. Acesso em: 10 out. 2023.

³⁹ “HFT’s também são conhecidos pelo uso de tecnologias sofisticada de processamento de informação e rapidez na comunicação com os sistemas dos mercados em que atuam, em uma escala de tempo medida na ordem de milissegundos ou microssegundos (um piscar de olhos dura de 300 a 400 milissegundos).” COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular.** São Paulo: Almedina, 2020. p. 19.

⁴⁰ “Longe disso, os Robo-Advisors são na verdade softwares operados por seus usuários através de aplicações da internet, e desenvolvidos por meio de ferramentas de automação de decisão com base em critérios pré-definidos (algoritmos).” (PAGAN, João Walter Gomes. **Uma análise crítica e prática dos robo-advisors no mercado financeiro e de capitais brasileiro.** 2023. Tese (Doutorado em Direito). Escola de Direito da Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/items/233b4aa8-5b71-4eae-9bda-4d5cc0d9bb4e>. Acesso em: 30 nov. 2023).

⁴¹ MEDON, Filipe; FALEIROS JÚNIOR, José Luiz de Moura. Discriminação Algorítmica de preços, perfilização e responsabilidade civil nas relações de consumo. **Revista de Direito da Responsabilidade**, ano 3, 2021, p. 947-969. Disponível em: <https://revistadireitoresponsabilidade.pt/2021/discriminacao-algoritmica-de-precos->

Dessa forma, verifica-se que o atual estado da arte do uso de inteligência artificial contempla aplicações nos mais diversos segmentos, especialmente em relação à tomada de decisão com base em algoritmos de *machine learning* que fazem análises preditivas e, mais recentemente, com a utilização de sistemas de IA generativa para criar conteúdos originais, como observado desde a publicização do *ChatGPT* em outubro de 2022.

2.2 Concepções de inteligência artificial, algoritmos e aprendizado da máquina

Nos mais de setenta anos transcorridos entre o teste de Turing e o momento atual, a concepção de inteligência artificial, a validação da amplitude de utilização e capacidade das máquinas foi e continua sendo ostensivamente debatida e aprofundada.

Stuart Russell e Peter Norvig, em uma tentativa de tornar mais didático o estudo da tecnologia, concluíram pela existência de oito definições de IA, as quais estariam dispostas em duas dimensões: a primeira relativa aos processos de pensamento e raciocínio e a segunda relativa ao comportamento.⁴² No intuito de tornar ainda mais compreensível a definição de IA construída pelos autores, apresenta-se a Figura 1 disposta a seguir:

Figura 1: Definições da inteligência artificial segundo Stuart Russell e Peter Norvig



FONTE: Figura elaborada pela autora.

perfilizacao-e-responsabilidade-civil-nas-relacoes-de-consumo-jose-luiz-de-moura-faleiros-junior-filipe-medon/. Acesso em: 19 nov. 2023. p. 955.

⁴² RUSSELL, Stuart Jonathan. PETER, Norvig. **Inteligência artificial**. Tradução de Regina Célia Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 23.

Tomando como base as definições idealizadas por Russell e Norvig, formam-se as oito concepções de IA, quais sejam: o pensar como humano (1); o agir como humano (3); o pensar racionalmente (2) e o agir racionalmente (4).

Sobre a abordagem comportamental racional, Russell e Norvig⁴³ sustentam:

A abordagem do agente racional tem duas vantagens sobre as outras abordagens. Primeiro, ela é mais geral que a abordagem de “leis do pensamento” porque a inferência correta é apenas um dentre vários mecanismos possíveis para se alcançar a racionalidade. Em segundo lugar, ela é mais acessível ao desenvolvimento científico do que as estratégias baseadas no comportamento ou no pensamento humano. O padrão de racionalidade é matematicamente bem definido e completamente geral, podendo ser “desempacotado” para gerar modelos de agente que comprovadamente irão atingi-lo. Por outro lado, o comportamento humano está bem adaptado a um ambiente específico e é definido como a soma de tudo o que os humanos fazem.

Sem olvidar a relevância da discussão filosófica que há anos recai sobre o tema da inteligência artificial, mormente no que permeia o dilema da categorização e reconhecimento desta como realmente uma inteligência ou como instrumento com capacidade preditiva, há que se ponderar que o atual momento tecnológico inspira urgência no enfrentamento de aspectos práticos decorrentes da expansão do uso de sistemas de IA, razão pela qual a presente pesquisa centrou-se na perspectiva pragmática, a despeito da patente relevância da análise filosófica e epistemológica do fenômeno da ascensão tecnológica.

Stefano Divino,⁴⁴ em uma análise esclarecedora das definições de IA propostas por Russell e Norvig⁴⁵ sustenta a abordagem moderna da IA, com foco no agente racional artificial, logo, detentor de capacidade de observação, análise e, por fim, de conduzir o processo decisório com base neste processo racional.

É usual que as noções de IA e algoritmo se confundam e até mesmo sejam tratadas como sinônimos. Contudo, há que se fazer a essencial diferenciação entre os dois conceitos.

A despeito da multiplicidade de conceitos atribuídos à IA, a definição de Kate Crawford⁴⁶ parece abranger a complexidade intrínseca ao objeto de definição: “Em um nível fundamental, IA é técnica e prática social, instituição e infraestrutura, política e cultura”.

⁴³ RUSSELL, Stuart Jonathan. PETER, Norvig. **Inteligência artificial**. Tradução de Regina Célia Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 27.

⁴⁴ DIVINO, Sthéfano Bruno Santos. Teoria procedimental do sujeito de direito e inteligência artificial: a subjetividade jurídica entre ficção e facticidade. 2022. Tese (Doutorado em Direito) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. p. 31. Disponível em: http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Direito_SthefanoBrunoSantosDivino_29802_Textocompleto.pdf. Acesso em: 21 set. 2023.

⁴⁵ RUSSELL, Stuart Jonathan. PETER, Norvig. **Inteligência artificial**. Tradução de Regina Célia Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

⁴⁶ CRAWFORD, Kate. **The atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence**. Yale University Press, 2021. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt->

Com efeito, se a definição de IA é plural e de uma abrangência semântica enorme, o conceito de algoritmo não se traduz da mesma forma. É certo que os algoritmos são responsáveis pelas análises preditivas racionais supramencionadas como abordagem moderna da IA, mas a existência desses data de período pretérito.

Na Grécia Antiga, o matemático Euclides teria idealizado o termo algoritmo para denominar a sequência de instruções utilizada para a resolução de um problema.⁴⁷

Séculos depois, já no contexto da inteligência artificial, algoritmos são desenvolvidos para serem utilizados como ferramenta de análise preditiva. Nesse sentido sustenta Ana Frazão:⁴⁸

A exploração de algoritmos para tais fins encontra-se no contexto de um mercado multibilionário, cuja proposta é a de substituir as decisões humanas, consideradas naturalmente falhas e enviesadas, pelas escolhas algorítmicas, vistas como mais eficientes, objetivas e imparciais. Grandes empresas investem fortemente nesse segmento, não somente para ajudar clientes e consumidores – incluindo aí o próprio governo – em suas escolhas, como também para orientar seus próprios processos decisórios internos.

A matéria-prima utilizada pelos algoritmos para tais decisões é o big data, ou seja, a enorme quantidade de dados disponíveis no mundo virtual que, com o devido processamento, pode ser transformada em informações economicamente úteis, que servirão como diretrizes e critérios para o processo decisório algorítmico.

Dessa forma, conclui-se que os algoritmos são as ferramentas que permitem que grandes volumes de dados sejam processados e analisados para que a tomada de decisão seja dotada de acurácia, mas como esse processo ocorre?

Eis um panorama que demonstra a dinâmica dos algoritmos. Imagine a seguinte situação hipotética: um ambicioso homem encontra um algoritmo que, tal qual o gênio da lâmpada de Aladim,⁴⁹ lhe permite fazer um pedido e terá seu desejo realizado. O ambicioso pede para se tornar o homem mais rico do mundo.

BR&lr=&id=XvEdEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=kate+crowford+2021&ots=MpHARj7WCx&sig=y8HS0CCLusyDx0mCV8U26iyO17s#v=onepage&q=kate%20crowford%202021&f=false. Acesso em: 24 abr. 2023. p. 8.

⁴⁷ FRAZÃO, Ana. Discriminação algorítmica: e o problema do ruído? Porque a mera remoção do ruído não evita julgamentos discriminatórios e incorretos. **Jota Info**, 2021. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/constituicao-empresa-e-mercado/discriminacao-algoritmica-e-o-problema-do-ruido-15092021>. Acesso em: 31 ago.2023

⁴⁸ FRAZÃO, Ana. Algoritmos e inteligência artificial: repercussões da sua utilização sobre a responsabilidade civil e punitiva das empresas. **Jota**. São Paulo, v. 15, 2018. Disponível em: https://professoraanafrazao.com.br/files/publicacoes/2018-05-16-Algoritmos_e_inteligencia_artificial.pdf. Acesso em: 12 mai. 2023.

⁴⁹ GALLAND Antoine. A história de Aladim, ou A lâmpada maravilhosa. *In: As mil e uma noites*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.

O algoritmo, cumprindo sua tarefa com a racionalidade que lhe é própria, provoca uma grande explosão planetária que deixa como único sobrevivente o homem ambicioso. Sem outros habitantes, o homem ambicioso teve seu desejo realizado, se tornou o mais rico da Terra, ainda que sem ostentar qualquer riqueza.

A metáfora lúdica acima demonstra com clareza que a racionalidade dos algoritmos, para que atinja os propósitos pretendidos, dependerá do contexto que foi inserido na máquina.

Em conclusão, um algoritmo é, ressalvada a complexidade intrínseca à evolução da tecnologia, em essência, uma sequência de instruções e, como uma receita, precisa de ter ingredientes e modo de preparo esmiuçados para que o bolo cresça.

Para que o algoritmo consiga resolver problemas, é necessário que seja realizado um processo de aprendizagem da máquina, denominado *machine learning*. Um algoritmo de *machine learning* tem seu funcionamento desmembrado em três partes: a primeira relativa ao processo decisório, quando dados são inseridos (*input*) e o sistema algorítmico produz uma estimativa acerca do padrão existente na base de dados; a segunda parte comporta a avaliação de erros que o algoritmo eventualmente produziu na detecção de padrões e a terceira parte corresponde a otimização do algoritmo através de repetidas avaliações automatizadas do desempenho do sistema.⁵⁰

Os modelos de algoritmos de *machine learning*, por sua vez, diferenciam-se em razão do grau de supervisão humana presente. Na aprendizagem não-supervisionada, o sistema não recebe *feedbacks* para ajuste, sendo tais algoritmos utilizados para analisar e agrupar conjuntos de dados não rotulados.⁵¹

A aprendizagem supervisionada, por sua vez, é voltada para o treinamento do algoritmo, através de *feedbacks* fornecidos pelo programador, para que sejam feitos ajustes necessários à predição eficiente. Sobre o método supervisionado, Stefano Divino⁵² explica didaticamente:

Lado outro, na aprendizagem supervisionada o programador treina o sistema definindo um conjunto de resultados desejados para uma série de inputs (exemplos rotulados e não exemplos) e fornece um feedback contínuo sobre se o sistema os atingiu. O sistema de aprendizagem gera hipóteses sobre características relevantes. Sempre que ele classifica incorretamente suas hipóteses de acordo são alteradas.

⁵⁰ US Berkeley. **What is Machine Learning (ML)?** 26.jun. 2020. Disponível em: <https://ischoolonline.berkeley.edu/blog/what-is-machine-learning/>. Acesso em: 24. out. 2023.

⁵¹ IBM. **O que é machine learning?** Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/machine-learning>. Acesso em: 25. out. 2023.

⁵² DIVINO, Sthéfano Bruno Santos. **Teoria procedimental do sujeito de direito e inteligência artificial: a subjetividade jurídica entre ficção e facticidade**. 2022. Tese (Doutorado em Direito) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. p. 36. Disponível em: http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Direito_SthefanoBrunoSantosDivino_29802_Textocompleto.pdf. Acesso em: 21 set. 2023.

Assim, mensagens de erro são cruciais (não apenas feedback de que foi equivocado) para seu aprimoramento.

Há ainda o método reforçado de aprendizagem, o sistema recebe um problema a ser resolvido e as tentativas da máquina têm como resposta uma recompensa, quando se tratar de uma solução correta, ou penalidade, quando incorreta.⁵³

Kai-Fu Lee, ex-presidente da *Google* China e PhD em inteligência artificial, a divide em duas abordagens: a primeira seria baseada em regras, também denominada de sistemas especialistas, em que, a aprendizagem da máquina se dava através da codificação de séries lógicas. A segunda abordagem, por sua vez, é a aprendizagem por Redes Neurais Artificiais (RNA), logo, parte da reconstrução da própria estrutura e funcionamento cerebral para a aprendizagem da máquina, ao invés de ensiná-la através das regras já assimiladas pelo cérebro humano.⁵⁴

Bruno Torquato Zampier Lacerda⁵⁵ explica sobre o funcionamento das RNA:

As RNA's funcionam por camadas, a partir dos denominados neurônios matemáticos. Estas redes são um tipo específico de sistema computacional, composta por muitas unidades neurais, conectadas entre si, recebendo e repassando informações. Ao disparar, uma unidade provoca a outra de forma contínua e, assim, ocorre a ativação de toda a rede.

Estas camadas são classificadas em três espécies:

- a) Camada de Entrada, onde os padrões ou conceitos são apresentados à rede (*inputs*);
- b) Camada Intermediária ou Escondida, através da qual é feita a maior parte do processamento, com conexões ponderadas, gerando o conhecimento em si;
- c) Camada de Saída, onde o resultado final é concluído e apresentado (*outputs*).

Em termos simplificados, a aprendizagem por redes neurais, distintamente da aprendizagem por regras, não fornece à máquina as respostas já codificadas, mas, sim, amostras em grande quantidade para que o próprio algoritmo encontre a solução do problema.

Com a criação e o desenvolvimento de estruturas neurais artificiais, a máquina passou a poder ser alimentada com grande volume de dados e, unindo esta base amostral à capacidade analítica dos sistemas algorítmicos, infinitamente superior à humana, a possibilidade de que a inteligência artificial fosse utilizada na resolução de problemas complexos se consolidou.

No contexto do subcampo das redes neurais, se desenvolveu uma espécie de *machine learning*, o *deep learning*, ou aprendizado profundo. Em palestra ministrada em 2019 no MIT

⁵³ DATA SCIENCE ACADEMY. **Deep Learning Book**, 2022. Disponível em: <https://www.deeplearningbook.com.br/>. Acesso em: 25. out. 2023.

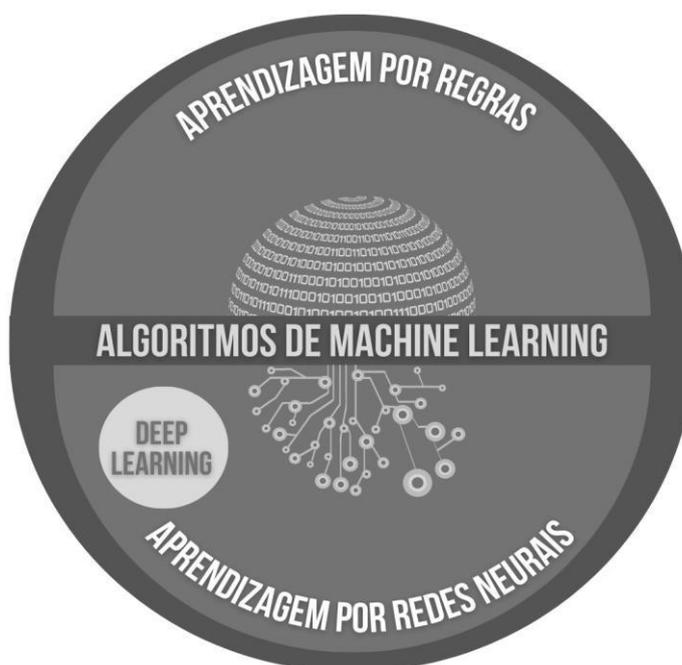
⁵⁴ LEE, Kai-Fu. **Inteligência Artificial**: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos relacionamos, trabalhamos e vivemos. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2019. p. 17.

⁵⁵ LACERDA, Bruno Torquato Zampier. **Estatuto Jurídico da Inteligência Artificial**: Entre categorias e conceitos, a busca por marcos regulatórios. Editora Foco, 2022. p. 50-51.

(Instituto de Tecnologia de Massachusetts)⁵⁶, Lex Fridman, nomeia o aprendizado profundo como “*machine learning* escalável”, ou seja, uma evolução no processo de aprendizagem que permitiu o aperfeiçoamento da máquina através de camadas de rede neural artificial que são calibradas com enorme quantidade de dados e, com isso, estruturam padrões para decisões precisas nos mais diversos campos da vida cotidiana.

Cabe aqui uma importante ressalva: muito embora *machine learning* e *deep learning* sejam comumente tratados como sinônimos, tecnicamente não se tratam de um mesmo modelo. Na realidade, o aprendizado da máquina pode ser classificado com um gênero, o qual comporta abordagens distintas de ensinagem - por regras ou por redes neurais - e o aprendizado profundo, por sua vez, seria uma espécie do *machine learning*, a qual se vale de abordagem por redes neurais. Para melhor entendimento da complexa estrutura de aprendizagem do algoritmo, segue a Figura 2:

Figura 2 - Aprendizagem da máquina



FONTE: Figura elaborada pela autora.

A abordagem do aprendizado profundo insere-se no âmbito da “IA estreita”, logo, voltada ao processamento de dados para otimizar uma tarefa específica. Com isso, o algoritmo

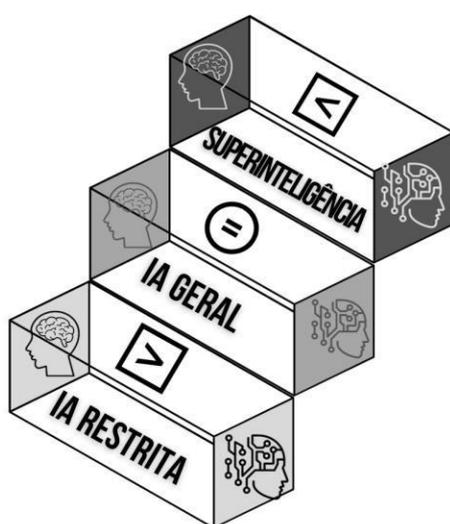
⁵⁶ FRIDMAN, Lex. **Deep Learning Basics: Introduction and Overview**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=O5xeyoRL95U>. Acesso em: 19 nov. 2023.

de *deep learning* não atingiu ainda a chamada “IA geral”, em que a tecnologia consegue atuar da mesma forma que um ser humano.⁵⁷

Bruno Torquato Zampier Lacerda,⁵⁸ em sua tese, se debruça sobre a classificação da tecnologia em relação aos seus graus de inteligência apresentados. Segundo o autor, a divisão poderia ser feita entre três grupos de IA: a restrita (ou fraca) - em que os sistemas seriam voltados à atuação em áreas específicas, podendo ou não superar a capacidade humana neste contexto -, a geral (ou forte) - também denominada como inteligência artificial nível humano (*human level AI*), seriam possuidoras de habilidades múltiplas e em mesmo nível capacidade de um ser humano - e a superinteligência, por sua vez, denotaria a capacidade intelectual superior à humana.

A Figura 3 a seguir sintetiza a classificação segundo os graus de inteligência artificial:

Figura 3 - Classificação da inteligência artificial segundo os graus de inteligência



FONTE: Figura elaborada pela autora.

A despeito dos inegáveis avanços no desenvolvimento de sistemas de IA nos últimos anos, mormente com a explosão recente da IA generativa após a publicização do *Chat GPT* ao final de 2022, ainda assim, o uso da tecnologia ainda é predominantemente no âmbito das

⁵⁷ LEE, Kai-Fu. **Inteligência Artificial**: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos relacionamos, trabalhamos e vivemos. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2019. p. 20.

⁵⁸ LACERDA, Bruno Torquato Zampier. **Estatuto Jurídico da Inteligência Artificial**: Entre categorias e conceitos, a busca por marcos regulatórios. Editora Foco, 2022. p. 38.

decisões automatizadas. Com isso, verifica-se que, no atual contexto científico, a tecnologia ainda está adstrita ao grau de inteligência definido como IA fraca ou restrita.

A equiparação entre a tecnologia e a biologia humana, como definido na IA geral, ou ainda a sobreposição da capacidade da máquina à humana, conforme preceitua a ideia de superinteligência, ensejou a criação do conceito de singularidade tecnológica por Vernor Vinge na década de 1980.⁵⁹

Especulando sobre a chegada da singularidade, logo, quando a tecnologia, ao despertar sua capacidade perceptiva, notaria a possibilidade de agir autonomamente, Kai-Fu Lee⁶⁰ traz um panorama com as especulações de alguns cientistas sobre este momento, mas faz uma interessante ressalva ao sustentar que as predições neste sentido não deveriam tomar como regra a velocidade dos avanços tecnológicos das últimas décadas para definir a data do advento da autonomia da IA. Em outras palavras, Lee entende que a chegada à IA geral demandaria uma evolução que não necessariamente ocorrerá com a mesma rapidez que marcou o progresso tecnológico até aqui.

Em conclusão, a despeito da inconteste e intensa evolução da tecnologia nas últimas décadas, especialmente com o advento do aprendizado profundo, ainda assim, há que se destacar que a emancipação dos sistemas de IA do controle humano ainda não é uma realidade.⁶¹

O presente capítulo deu enfoque aos aspectos históricos, conceituais e relativos à dinâmica de aprendizagem dos algoritmos de *machine learning* que compõem os sistemas de inteligência artificial. A necessidade da abordagem apresentada reside na estruturação de um panorama geral da IA para que haja a compreensão das aplicações da tecnologia no mercado de valores mobiliários, que é o objeto central da dissertação em testilha.

⁵⁹ LACERDA, Bruno Torquato Zampier. **Estatuto Jurídico da Inteligência Artificial**: Entre categorias e conceitos, a busca por marcos regulatórios. Editora Foco, 2022. p. 38.

⁶⁰ LEE, Kai-Fu. **Inteligência Artificial**: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos relacionamos, trabalhamos e vivemos. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2019. p.160.

⁶¹ BORGES, Gustavo Silveira; JÚNIOR, José Luiz de Moura Faleiros. Viés racial em sistemas de inteligência artificial: desafios para a responsabilidade civil e a necessidade de parametrização do risco. **Revista IBERC**, v. 6, n. 2, p. 100-128, 2023. Disponível em: <https://revistaiberc.responsabilidadecivil.org/iberc/article/view/237>. Acesso em 23 maio 2023.

2.3 Perspectivas e desafios do futuro tecnológico: o que esperar da IA amanhã?

Em março de 2023, uma carta aberta intitulada “*Pause Giant AI Experiments: An Open Letter*” foi divulgada.⁶² O documento que já conta com mais de 30.000 (trinta mil) adesões, foi assinado por profissionais de renome nos mais diversos setores da sociedade, como Elon Musk, Steve Wozniack, Yuval Harari e Tristan Harris e pede uma moratória no desenvolvimento tecnológico sob o argumento de que os avanços da IA podem causar danos graves e irreversíveis à humanidade.

A proposta de suspensão dos avanços científicos e tecnológicos não é inédita. Ainda na década de 1970, cientistas renomados sugeriram uma moratória em relação às pesquisas relacionadas ao DNA em razão do potencial de violação aos preceitos bioéticos. À ocasião, a moratória não durou muito, mas enraizou a perspectiva prudencial, evidenciando a tendência de desaceleração nos avanços científicos e tecnológicos em prol de valores éticos.⁶³

No caso dos avanços no âmbito da IA, a priorização de princípios éticos também consta como um dos principais argumentos sustentados pelos defensores da moratória, conquanto seja inolvidável a polêmica acerca de possíveis motivações econômicas como reais justificativas para a suspensão pretendida. Afinal, o congelamento das pesquisas tecnológicas surtiria impactos concorrenciais, especialmente em relação àqueles que lideram a corrida no desenvolvimento de sistemas de IA.

Lado outro, os argumentos contrários à moratória da IA estão centrados na possibilidade de que o freio aos avanços tecnológicos acarrete prejuízos muito mais significativos do que os benefícios da suspensão, já que o desenvolvimento tecnológico incontestavelmente trouxe e continua trazendo melhorias importantes em diversos segmentos, como se verifica, por exemplo, no uso de robôs em cirurgias de alta complexidade.⁶⁴

Afora o polêmico dilema que envolve a evolução da IA e a necessidade ou não de uma moratória nas atuais circunstâncias, incontestemente que, independentemente de eventual suspensão

⁶² FUTURE OF LIFE. **Pause Giant AI Experiments: An Open Letter**. 2023. Disponível em: <https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

⁶³ KOTTOW, Miguel et al. História da ética em pesquisa com seres humanos. **RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde**. Rio de Janeiro, v.2. 2008, p.7-18. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/17570/2.pdf;jsessionid=C1FD551C45F2D7CA19F7D63ECBF033DF?sequence=2>. Acesso em: 23 maio 2023.

⁶⁴ COELHO, Renato. Especialista em ciência da computação da Unesp analisa abaixo-assinado que pede moratória para o desenvolvimento da inteligência artificial. **Jornal da Unesp**. 2023. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2023/04/12/especialista-em-ciencia-da-computacao-da-unesp-analisa-abaixo-assinado-que-pede-moratoria-no-desenvolvimento-da-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 28 jan. 2024.

dos avanços tecnológicos, o desenvolvimento de regulação dos sistemas de IA figura como um desafio de extrema relevância no Direito contemporâneo.

Com isso, no que tange ao desafio regulatório em comento, alguns pontos de especial relevância merecem ser objeto de análise. O primeiro deles diz respeito justamente à compatibilização de preceitos éticos com o avanço tecnológico.

A estruturação de modelo regulatório pautado em princípios éticos como a prevenção, precaução, transparência e explicabilidade, apesar de não ter adesão unânime da comunidade científica, mostra-se como tendência dominante. Contudo, frisa-se, a incorporação de princípios éticos às diretrizes normativas não se confunde com a possibilidade de uma regulação somente principiológica.

Sustenta-se, portanto, a necessidade de coexistência entre a regulação por princípios éticos e a jurídica. No que tange às respostas legislativas, mais um ponto de ponderação merece destaque: o modelo regulatório mais adequado deve ser setorial ou geral?

A este respeito mister destacar o entendimento proferido pela Comissão de Juristas responsável por subsidiar elaboração de substitutivo sobre inteligência artificial no Brasil (CJSUBIA) em seu relatório final:⁶⁵

A maior parte dos expositores defendeu um modelo de regulação setorial, apontando inclusive que tratar a IA de forma genérica seria perigoso ou prejudicial. Apesar disso, mesmo entre os defensores da regulação setorial foi reconhecida a necessidade de uma forma de coordenação geral entre setores a fim de evitar superposições ou conflitos regulatórios.

Com efeito, diante da pluralidade de aplicações dos sistemas de IA e das particularidades presentes em cada âmbito de utilização da tecnologia, sustenta-se que a abordagem setorial se mostra mais adequada, sendo mandatória a compatibilização entre as respostas regulatórias de cada setor.

Nada obstante, como terceiro ponto desafiador de maior relevância jurídica em relação à IA, destaca-se a questão dos parâmetros de responsabilização por danos causados pelo uso do sistema tecnológico. O debate nesse sentido funda-se na necessidade de construção de modelo regulatório que não coloque em risco a reparação dos prejuízos sofridos pelo ofendido e nem tampouco inviabilize o desenvolvimento econômico e tecnológico.

⁶⁵ CJSUBIA. **Relatório final.** Brasília. 2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024.

Acerca do instituto da responsabilidade civil, verifica-se a tendência do legislador pátrio de priorizar a adoção de um modelo regulatório pautado nos riscos apresentados pelas categorias de sistemas de IA, como será aprofundado no capítulo 5 do presente trabalho.

Em conclusão, verifica-se que o atual cenário tecnológico evidencia a tendência continuidade de avanços no desenvolvimento e uso de sistemas de IA nos próximos anos em nível global, bem como resta evidente a urgência de elaboração de modelo regulatório que compatibilize princípios éticos enquanto vetores e a formulação de respostas legais setoriais.

3 O MERCADO FINANCEIRO

“O mercado financeiro é, assim, uma ‘máquina do tempo’, conectando a economia de hoje com a economia do amanhã”.⁶⁶ Neste traslado, presente e futuro se conectam através da troca de recursos, entre aqueles que os possuem (poupadores) e aqueles que deles precisam (tomadores), em um mercado financeiro complexo e fragmentado que se equivoca o senso comum ao tratar como se um só fosse.

Como supramencionado, a presente pesquisa objetiva a análise da utilização de sistemas de inteligência artificial no mercado de valores mobiliários. Contudo, para que o referido propósito se cumpra, se faz necessário abordar a estrutura do mercado financeiro, posto que figura como gênero que abriga, dentre suas espécies, o mercado de valores mobiliários.

O mercado financeiro, portanto, tem como segmentos: o mercado de crédito; o mercado de câmbio; o mercado monetário e o mercado de valores mobiliários – que usualmente é também nomeado como mercado de capitais.

O mercado monetário abrange as transferências financeiras de curtíssimo prazo, usualmente denominadas *overnights*, por não ultrapassarem o prazo de um dia.⁶⁷

Já o mercado de câmbio abriga as trocas financeiras feitas em moedas estrangeiras por moeda nacional, também conhecidas como operações de câmbio⁶⁸

Segundo Pesente,⁶⁹ o mercado de crédito: “É o segmento do mercado financeiro em que as instituições financeiras captam recursos dos agentes superavitários e os emprestam às famílias ou empresas, sendo remuneradas pela diferença entre seu custo de captação e o que cobram dos tomadores”.

Em termos simplificados, trata-se do segmento do mercado financeiro que abrange os empréstimos feitos por intermédio das instituições financeiras.

O mercado de capitais, por sua vez, representa uma alternativa aos investimentos tradicionais que são ofertados pelas instituições financeiras e pelo governo, No Brasil, a Lei nº

⁶⁶ ARMOUR, John *et al.* Principles of Financial Regulation. Oxford: Oxford University. 2016. p. 22 *apud* COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular.** São Paulo: Almedina, 2020. p. 81.

⁶⁷ PESENTE, Ronaldo. Mercados financeiros. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; **Superintendência de Educação a Distância**, 2019. p. 26. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/30851>. Acesso em: 11 out. 2023.

⁶⁸ PESENTE, Ronaldo. Mercados financeiros. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; **Superintendência de Educação a Distância**, 2019. p. 30. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/30851>. Acesso em: 11 out. 2023.

⁶⁹ PESENTE, Ronaldo. Mercados financeiros. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; **Superintendência de Educação a Distância**, 2019. p. 29. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/30851>. Acesso em: 11 out. 2023.

6.385 de 1976 dispõe sobre o mercado de valores mobiliários (nomenclatura aceita como sinônimo de mercado de capitais)⁷⁰ e cria a Comissão de Valores Mobiliários (CVM), entidade autárquica responsável desde então por disciplinar e regulamentar o referido mercado.

São considerados ativos financeiros negociáveis no mercado de valores mobiliários, os instrumentos de dívida, os instrumentos de participação e os derivativos.⁷¹ Nesse sentido, dispõe o artigo 2º da Lei 6.385/76, que atualmente vigora com a seguinte redação:⁷²

Art. 2º São valores mobiliários sujeitos ao regime desta Lei:

I - as ações, debêntures e bônus de subscrição;

II - os cupons, direitos, recibos de subscrição e certificados de desdobramento relativos aos valores mobiliários referidos no inciso II;

III - os certificados de depósito de valores mobiliários;

IV - as cédulas de debêntures;

V - as cotas de fundos de investimento em valores mobiliários ou de clubes de investimento em quaisquer ativos;

VI - as notas comerciais;

VII - os contratos futuros, de opções e outros derivativos, cujos ativos subjacentes sejam valores mobiliários;

VIII - outros contratos derivativos, independentemente dos ativos subjacentes; e

IX - quando ofertados publicamente, quaisquer outros títulos ou contratos de investimento coletivo, que gerem direito de participação, de parceria ou de remuneração, inclusive resultante de prestação de serviços, cujos rendimentos advêm do esforço do empreendedor ou de terceiros.

§ 1º Excluem-se do regime desta Lei:

I - os títulos da dívida pública federal, estadual ou municipal;

II - os títulos cambiais de responsabilidade de instituição financeira, exceto as debêntures.

Não obstante, o mercado de valores mobiliários subdivide-se em primário e secundário. O mercado primário corresponde ao lançamento do título pela primeira vez, como no caso de determinada companhia que emite suas ações, tornando-se emitente, e estas são adquiridas por um poupador, que se torna um subscritor.

Caso o subscritor supramencionado, em um momento futuro, opte por alienar sua participação acionária na companhia emitente a um terceiro, o fará na estrutura do mercado secundário. A negociação nesta hipótese tem como objetivo a liquidez, ou seja, o atributo conferido a certo ativo correspondente à facilidade com que será alienado e, portanto, se transformará em recurso financeiro.

⁷⁰ Segundo Isac Silveira da Costa, a nomenclatura mercado de valores mobiliários atende com maior precisão às exigências técnico-jurídicas do que o termo mercado de capitais, já que o legislador brasileiro optou pela expressão na Lei nº 6.385 de 1976. (COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmara lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020).

⁷¹ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmara lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 89.

⁷² BRASIL. **Lei n. 6.385, de 07 de dezembro de 1976**. Dispõe sobre o mercado de valores mobiliários e cria a Comissão de Valores Mobiliários. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6385.htm. Acesso em: 19 out. 2023.

Atrelado ao conceito de liquidez está a ideia de volatilidade, logo, a medida da variação do preço de determinado ativo no mercado. A formação dos preços de ativos, por sua vez, decorre de diversos fatores, mas, principalmente, da percepção dos riscos que serão trocados pelos investidores em uma negociação.

Se há uma disponibilidade de determinado ativo em patamar superior à procura de investidores por tal instrumento, a consequência lógica é que o preço deste sofrerá uma queda e o inverso também ocorrerá, logo, se a disponibilidade for inferior à procura por tal ativo, naturalmente haverá um incremento no preço em que será negociado. Trata-se da concepção de oferta e demanda, um dos princípios basilares da economia clássica.

A percepção dos riscos pelos investidores, portanto, fundamenta-se na informação acessada pelos agentes em relação à oferta e demanda. Nesse sentido, Isac Silveira da Costa⁷³ sustenta:

A constante troca de mãos resulta em um processo de formação de preços dos ativos negociados, permitindo que o mercado agregue informações sobre as companhias nele negociadas. Oferta e demanda se encontram e, com isso, as percepções de risco pelos investidores se ajustam continuamente, do que resulta um preço que flutua livremente (ao menos se pressupõe uma livre variação). E esse preço reflete, em certa medida, o valor da companhia, para além de valores calculados com base em demonstrações financeiras (p. ex., valor patrimonial da ação) ou valores estimados por métodos diversos estudados na teoria das finanças.

Pelo exposto, vejamos que os preços consubstanciam informação fundamental para a tomada de decisão pelos agentes econômicos, traduzindo e, ao mesmo tempo, influenciando suas expectativas.

Dessa forma, o acesso às informações pelos investidores determinará a percepção do risco e do possível retorno de uma negociação e, com isso, será o norte da tomada de decisão pelo agente.

Ocorre que as informações que irão conduzir o processo decisório não são disponibilizadas de forma homogênea a todos os participantes do mercado, havendo uma assimetria informacional que pode culminar em conflitos de interesses entre as partes. Além disso, o acesso às informações relevantes para a tomada de decisão, envolve dispêndio de recursos financeiros e também tempo, de modo que, quanto maior o volume demandado, maiores serão os custos de operação.

⁷³ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 91-92.

Com isso, insurge a figura do intermediário financeiro. A intermediação ocorre para conectar agentes econômicos superavitários, logo, possuidores de recursos financeiros excedentes, com agentes econômicos deficitários, que necessitam de tais recursos.⁷⁴

Nos dizeres de Isac Silveira da Costa:⁷⁵

Para concretizar a troca de valores no tempo (e no espaço), os agentes econômicos criam mecanismos com diferentes níveis de complexidade, disciplinados pelo direito com vistas a garantir a segurança nas relações e a própria estabilidade do sistema econômico, tutelando o interesse não apenas daqueles diretamente envolvidos, mas também de toda a sociedade.

Assim, para que as engrenagens da “máquina do tempo”, que ilustra as trocas de recursos no mercado financeiro, funcionem de forma eficiente, verificou-se a necessidade de redução da assimetria informacional entre os agentes, que, munidos das informações disponíveis, farão a tomada de decisão com base em critérios racionais.

A tomada de decisão no mercado financeiro, por sua vez, é incrementada por máxima racionalidade, ao menos em tese, quando o processo de escolha é pautado pelo uso da inteligência artificial, como será abordado com a devida profundidade no capítulo seguinte.

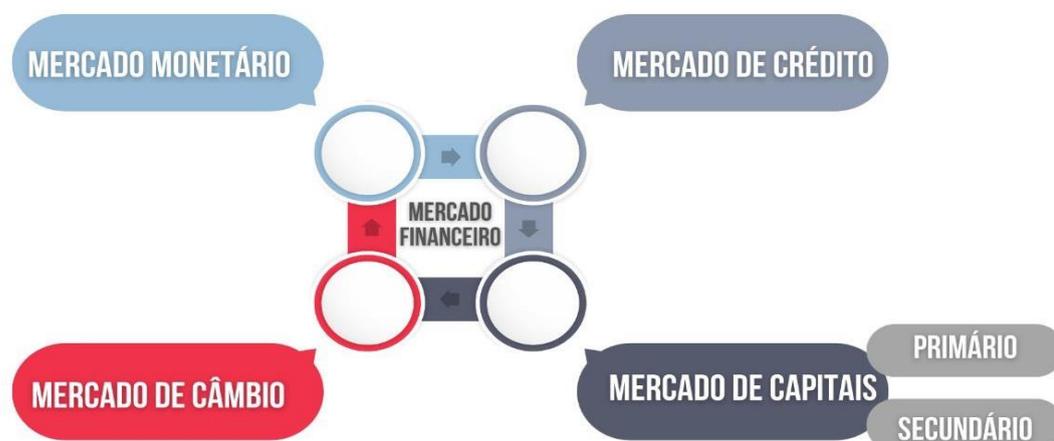
Em conclusão, conforme explanado supra, no que tange aos aspectos introdutórios, o mercado financeiro se estrutura de maneira fragmentada, contando com quatro segmentos específicos (mercado monetário; mercado de câmbio; mercado de crédito e mercado de capitais), e nesta se estabelece o habitat para as trocas de recursos financeiros no tempo e no espaço entre agentes superavitários e deficitários.

Com o objetivo de tornar mais eficiente a compreensão dos conceitos analisados, recursos de comunicação de visual foram utilizados na construção da Figura 4, exposta a seguir:

⁷⁴ PESENTE, Ronaldo. Mercados financeiros. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; **Superintendência de Educação a Distância**, 2019. p. 19. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/30851>. Acesso em: 11 out. 2023.

⁷⁵ COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta**: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 83.

Figura 4 - Macroestrutura do mercado financeiro brasileiro



FONTE: Figura elaborada pela autora.

Finda a análise geral do mercado financeiro, se faz necessário o aprofundamento do estudo do mercado de valores mobiliários e, mais especificamente, o mercado secundário, onde o uso da inteligência artificial na intermediação financeira se destaca.

3.1 Mercado de valores mobiliários brasileiro

3.1.1 Escorço histórico

Somente dois séculos após o surgimento na Holanda do século XVI, nasce o esboço da primeira bolsa de valores brasileira em 1851 no Rio de Janeiro-RJ e Salvador- BA. Contudo, somente em 1890, dá-se a criação da Bolsa Livre para operar valores financeiros na cidade de São Paulo, mas a iniciativa não chega a ultrapassar cinco anos de existência.⁷⁶

Em 1895, é inaugurada a Bolsa de Títulos de São Paulo, em que eram negociados, basicamente, títulos de dívida emitidos por governos e empresas e ações emitidas por companhias, e que, mais tarde, em 1967, foi transformada na Bolsa de Valores de São Paulo – Bovespa.

⁷⁶ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP - Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2019. p.233.

Em 1967 também foi editado o Decreto Lei nº 157, que trazia incentivos governamentais ao mercado acionário. O resultado das políticas de incentivo foi um aumento exponencial da busca por ações por investidores e, em desalinho com a elevação da demanda, a estagnação na emissão dos títulos pelas companhias, o que culminou numa explosão especulativa no início da década de 70, que ficou conhecida como “boom de 1971”.⁷⁷

Em resposta ao aumento exponencial da procura por ações, as companhias passaram a emitir novos títulos, mas a volatilidade e os efeitos especulativos apresentados sobre o mercado, acabaram por gerar insegurança em muitos investidores, culminando em anos de constrição no mercado de capitais.

Nesse contexto, visando assegurar maior segurança ao ambiente acionário, a Lei nº 6.385/76 foi publicada e, entre outras inovações, criou a Comissão de Valores Mobiliários - CVM, entidade autárquica que, desde então, regulamenta as atividades no mercado de capitais.

Na década de 1980, a abertura econômica do Brasil dá fôlego ao mercado de capitais, e algumas empresas brasileiras passam a listar suas ações em bolsas estrangeiras, gerando a necessidade de que se adequassem às práticas de governança já consolidadas no exterior. Nesse sentido consta a narrativa trazida em publicação da CVM:⁷⁸

Ao listar suas ações nas bolsas americanas, as companhias abertas brasileiras foram obrigadas a seguir diversas regras impostas pela SEC (SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION), órgão regulador do mercado de capitais norte-americano, relacionadas a aspectos contábeis, de transparência e divulgação de informações, os chamados “princípios de governança corporativa”.

A partir daí, as empresas brasileiras começam a ter contato com acionistas mais exigentes e sofisticados, acostumados a investir em mercados com práticas de governança corporativa mais avançadas. Ao número crescente de investidores estrangeiros soma-se uma maior participação de investidores institucionais brasileiros de grande porte e mais conscientes de seus direitos.

Com a ampliação do leque de valores mobiliários, novas bolsas surgem, como a CETIP - Central de Custódia e Liquidação Financeira de Títulos Privados, em 1984, e da BM&F - Bolsa de Mercadorias e Futuros, em 1986. Em 2017, por sua vez, ocorre a fusão da BM&FBOVESPA e CETIP, dando origem a B3 - Brasil, Bolsa e Balcão, uma das maiores bolsas do mundo.

Após esse breve, mas importante, esboço histórico do mercado de valores mobiliários brasileiro, possivelmente a imagem que perdura na mente do leitor é a de uma bolsa de valores

⁷⁷ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP - Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2019. p. 58.

⁷⁸ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP - Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2019. p.58.

repleta de investidores ao telefone, realizando negociações em um ritmo alucinante para obter resultados mais vantajosos.

Muito embora tal imagem já tenha correspondido à realidade, atualmente, o cenário digno de *Hollywood* não mais prevalece. Desde a década de 2000, o pregão presencial foi extinto, passando as negociações a serem realizadas única e exclusivamente através dos sistemas eletrônicos.⁷⁹

Tomando como ponto de partida a pesquisa de Isac Silveira da Costa (2020), se verifica que, em 2019, o modelo de negociação predominante no mercado secundário brasileiro é eletrônico. Em 2023, por sua vez, o cenário do mercado de valores mobiliários não só é eletrônico, como contempla a ascensão do uso de sistemas de IA para a realização de negociações - tanto na execução automatizada destas, quanto na recomendação de investimentos – e até mesmo na melhoria da governança e regulamentação pela própria CVM.

Contudo, para que haja compreensão do impacto da inteligência artificial no mercado financeiro, especialmente no que tange ao uso de algoritmos nas negociações e nas diretrizes de regulação e governança a serem desenvolvidas no contexto atual, há que se, primeiramente, analisar de forma pormenorizada a estrutura e dinâmica do mercado de valores mobiliários, mormente no que tange ao mercado secundário, onde a tecnologia terá maior abrangência.

3.1.2 Aspectos gerais: características e regulação do mercado de valores mobiliários

A transferência de recursos de agentes superavitários aos deficitários, no que permeia ao mercado de valores mobiliários, tem como essência a canalização destes da poupança popular para o capital das sociedades por ações.

Algumas particularidades diferenciam o mercado de valores mobiliários dos demais formatos integrantes do sistema financeiro. *A priori*, destaca-se a chamada não exigibilidade, logo, a ausência de garantia de retorno do investimento ao poupador pela tomadora dos recursos. Em razão da referida particularidade, entende-se tratar de um mercado de risco em sua essência.⁸⁰

Tendo em vista que a relação risco-retorno é pilar essencial das negociações celebradas no mercado de valores mobiliários, sustenta-se que, neste contexto, há especial relevância do domínio informacional na tomada de decisões, já que a acurácia da escolha será fator

⁷⁹ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP - Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2019. p. 271.

⁸⁰ PIMENTA, Eduardo Goulart. **Direito societário**. 5. ed. Belo Horizonte: Ed. do Autor, 2023. p.80.

determinante no retorno do investimento. Dessa forma, mais uma vez, repisa-se o impacto da tecnologia na formação de preços e na estrutura de concorrência no mercado.

Acerca dos aspectos concorrenciais, há que se fazer um recorte para análise aprofundada. Para que um mercado funcione de maneira eficiente, pressupõe-se a necessidade de que haja uma competição equilibrada entre os participantes em negociação. Com efeito, equidade e transparência são vetores principiológicos que norteiam a estrutura do chamado mercado eficiente.

Contudo, na prática, reconhece-se a influência de externalidades que inviabilizam o equilíbrio nas trocas negociais, o que acarreta as chamadas falhas de mercado.⁸¹ Essas, por sua vez, atraem a necessidade de intervenção do poder público para regular as negociações em determinado mercado e evitar que *players* em posição de dominância engessem a concorrência ao sujeitarem participantes que estão em posição desfavorável. Nesse sentido sustenta Forgioni:⁸²

A posição dominante implica sujeição (seja dos concorrentes, seja de agentes econômicos atuantes em outros mercados, seja dos consumidores) àquele que o detém. Ao revés, implica independência, liberdade de agir sem considerar a existência ou o comportamento de outros sujeitos.

Com isso, para que sejam evitados eventuais abusos por parte daqueles que detêm posição dominante, comprometendo a concorrência e, por consequência, a eficiência do mercado, funda-se a necessidade regulatória.

É certo que a expressão regulação, amplamente utilizada, traz consigo o desafio da pluralidade semântica. Assim, na presente pesquisa, a acepção de regulação privilegiada está atrelada ao sustentado por Moreira: “*o essencial do conceito de regulação é o de alterar o comportamento dos agentes econômicos (produtores, distribuidores, consumidores), em relação ao que eles teriam se não houvesse regulação, isto é, se houvesse apenas as regras do mercado*”.⁸³

No âmbito do mercado de valores mobiliários brasileiro, vislumbra-se a coexistência da regulação – que é encabeçada pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) – e a autorregulação, logo, o controle da eficiência feito pelos próprios agentes do mercado. Insta destacar que, no Brasil, a autorregulação é obrigatória, como expressamente previsto no artigo 17, parágrafo primeiro da Lei nº 6.385/76.

⁸¹ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP - Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2019. p. 30.

⁸² FORGIONI, Paula Andrea. **Os fundamentos do Antitruste**. 5. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012. p. 259.

⁸³ MOREIRA, Vital. **Auto-Regulação Profissional e Administração Pública**. Coimbra: Almedina, 1997, p. 36.

A atribuição regulatória da CVM decorre de disposição constitucional, sendo a atuação da autarquia embasada nos princípios norteadores da ordem econômica previstos no artigo 170 da Constituição Federal de 1988,⁸⁴ mormente na livre iniciativa e na livre concorrência como diretrizes para o desenvolvimento de atividade regulatória que compatibilize maior satisfação do interesse público substantivo com o menor sacrifício possível de outros interesses constitucionalmente protegidos.⁸⁵

Nesse sentido, a Lei nº 4.728 de 1965 traz as medidas de desenvolvimento do mercado de capitais, dentre as quais destacam-se as atribuições conferidas no art.2º ao Conselho Monetário Nacional (CMN) e ao Banco Central (BACEN):⁸⁶

Art. 2º O Conselho Monetário Nacional e o Banco Central exercerão as suas atribuições legais relativas aos mercados financeiro e de capitais com a finalidade de:

I - facilitar o acesso do público a informações sobre os títulos ou valores mobiliários distribuídos no mercado e sobre as sociedades que os emitirem;

II - proteger os investidores contra emissões ilegais ou fraudulentas de títulos ou valores mobiliários;

III - evitar modalidades de fraude e manipulação destinadas a criar condições artificiais da demanda, oferta ou preço de títulos ou valores mobiliários distribuídos no mercado;

IV - assegurar a observância de práticas comerciais equitativas por todos aqueles que exerçam, profissionalmente, funções de intermediação na distribuição ou negociação de títulos ou valores mobiliários;

V - disciplinar a utilização do crédito no mercado de títulos ou valores mobiliários;

Depreende-se do referido dispositivo legal a relevância da proteção ao acesso do público à informação no mercado. A cautela do legislador em relação à transparência justifica-se pelo possível comprometimento da equidade no mercado em decorrência da ampliação da assimetria informacional.

Interessante episódio histórico ilustra a relevância do domínio da informação para que se obtenha vantagem no mercado de capitais. Trata-se do caso do Barão Nathan Rothschild, que no século XVIII realizou lucrativos investimentos em razão de sua eficiente rede de pombos-correios que, com a derrota de Napoleão Bonaparte na batalha de Waterloo pelos

⁸⁴ BRASIL, Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 27 jan. 2024.

⁸⁵ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP – Direito do Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2022.

⁸⁶ BRASIL. **Lei n. 4.728 de 14 de julho de 1965**. Disciplina o mercado de capitais e estabelece medidas para o seu desenvolvimento. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4728.htm. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

ingleses, permitiu que o financista adquirisse antes dos demais investidores títulos britânicos que valorizaram imensamente posteriormente.⁸⁷

Nota-se, portanto, que o domínio de informações relevantes à formação de preços, mormente se somado à tomada de decisão veloz, torna-se incontestemente vantagem competitiva no mercado de capitais.

Por outro lado, a assimetria informacional entre os participantes do mercado pode causar o efeito de seleção adversa sustentado por George Akerlof. Se valendo do exemplo da compra e venda de veículos usados, o economista argumenta que, o vendedor, ciente de todos os defeitos do automóvel, ao ocultar a totalidade de informações do comprador, leva o adquirente a, muitas vezes, tomar uma decisão ruim ao celebrar a compra do carro, formando o que Akerlof chamou de mercado de limões. Com a prática reiterada da ocultação pelos vendedores, os compradores passam a fazer ofertas mais baixas por veículos usados, gerando uma falha na formação de preços, já que muitas vezes não irão refletir o valor real do bem.⁸⁸

Dessa forma, diante do comprometimento da eficiência do mercado como decorrência da assimetria informacional, já que pode implicar a violação da equidade e prejudicar a formação de preços, torna-se mandatório que, tanto as instituições que tutelam a regulação, quanto os próprios agentes participantes do mercado, observem o dever de transparência e acesso à informação.

O ordenamento jurídico brasileiro, inspirado no modelo norte-americano, priorizou a regulação pela informação, adotando o princípio da *full disclosure*, segundo o qual o Estado atuaria rigorosamente em prol da garantia de acesso à informação completa, mas, havendo a ciência informacional devida, caberia ao investidor a decisão sobre o investimento, não havendo intervenção do poder público neste sentido.⁸⁹

Com efeito, conclui-se que:

A opção que se fez, portanto, no Brasil e ao redor do mundo, foi pelo sistema de disclosure mandatório, sob o fundamento de que a proteção do investidor se dá justamente pela informação. As forças espontâneas de mercado e a soma dos interesses privados seriam insuficientes para assegurar a existência de um sistema de informações eficiente, impondo-se a instituição da obrigatoriedade de fornecimento das informações consideradas necessárias.⁹⁰

⁸⁷ FERGUSON, Niall. **The house of Rothschild: money's prophets**. Nova Iorque: Penquin Books, 1998.

⁸⁸ AKERLOF, George A. The Market for 'Lemons': Quality Uncertainty and the Market Mechanism. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 84, no. 3. 1970, p. 488-500. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1879431>. Acesso em: 22 ago. 2023.

⁸⁹ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP – Direito do Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2022. p.43.

⁹⁰ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP – Direito do Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2022. p. 44.

A opção do legislador pátrio pelo sistema de *disclosure* mandatório fica evidenciada por diversos dispositivos da Lei nº 6.385/1976, tais como: o art.4º, inciso VI, que prevê a atribuição da CVM de assegurar o acesso do público a informações sobre os valores mobiliários negociados e as companhias que os tenham emitido; os artigos 19 e 21 que estabelecem, respectivamente, a obrigatoriedade do registro de todas as emissões públicas de valores mobiliários e das companhias e o art.22, §1º, que impõe à CVM o dever de normatizar a atividade das companhias abertas, mormente no que tange à divulgação de informações relevantes ao processo decisório dos investidores.⁹¹

Isto posto, a atuação regulamentadora da CVM, segundo Pimenta (2023, p.93-97), contribui para a regulação do mercado de valores mobiliários eficiente, pautando-se para tal em agilidade, especialidade na matéria disciplinada e no desempenho de suas funções precípuas, quais sejam: (i) de padronização; (ii) consultiva; (iii) autorizadora; (iv) fiscalizadora e (v) sancionadora.

Com efeito, a função de padronização é voltada ao estabelecimento prévio, em Resoluções e Instruções Normativas, de padrões de legalidade, eficiência e equidade de condutas e operações no mercado de valores mobiliários.

A função consultiva, por sua vez, se dá por meio da manutenção da comissão de serviço para exercer atividade consultiva ou de orientação junto aos agentes do mercado de valores mobiliários ou a qualquer investidor.

A terceira função consubstancia-se pelas exigências de autorização da CVM para atuação no mercado e, também, pela normatização dos registros já supramencionada.

No que tange à fiscalização, recai sobre a CVM a função de acompanhar de forma constante as condutas perpetradas pelos agentes que atuam no mercado, realizando, assim, um controle de adequação das práticas às normas – legais e regulamentares – aplicáveis.

Com isso, como consequência de eventual descumprimento dos dispositivos legais e regulamentares em comento, cabe à CVM, em observância a regular procedimento administrativo próprio, a aplicação de sanções administrativas aos agentes violadores das regras.

Como desmembramento lógico do cumprimento eficaz das funções supramencionadas pela CVM, verifica-se o fomento das atividades negociais no mercado de valores mobiliários,

⁹¹ BRASIL. **Lei n. 6.385, de 07 de dezembro de 1976**. Dispõe sobre o mercado de valores mobiliários e cria a Comissão de Valores Mobiliários. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6385.htm. Acesso em: 19 out. 2023.

posto que há maior confiabilidade dos *players* em relação à transparência, legalidade e eficiência do mercado.

Em conclusão, tem-se que o mercado de valores mobiliários tem como atributo intrínseco o risco, uma vez que não contempla garantia de retorno do investimento feito. Em que pese tal condição, sustenta-se que o risco em comento é compatível com um mercado eficiente, pautado por confiabilidade, transparência, equidade e pela observância à concorrência entre os investidores.

Contudo, para tal se faz necessária a regulação das atividades negociais, tanto pelo Estado, quanto de forma autodisciplinar, pelos próprios agentes participantes. No Brasil, a regulamentação recai sobre a CVM, a qual desempenha funções essenciais ao desenvolvimento de um mercado de valores mobiliários eficiente.

3.2 Estrutura do mercado secundário

Na introdução do presente capítulo, foi analisada a estrutura do mercado financeiro brasileiro. No que tange ao mercado de capitais, verificou-se a existência de um mercado primário – em que os ativos são transferidos pelo emissor (companhia) diretamente ao subscritor (agente investidor) – e de um mercado secundário – em que os ativos são negociados entre agentes econômicos que trocam riscos entre si em busca de liquidez.

O mercado secundário no Brasil se divide entre mercados organizados e não-organizados. A Instrução CVM nº 461/2007, que disciplinava os mercados regulamentados de valores mobiliários e dispunha sobre a constituição, organização, funcionamento e extinção das bolsas de valores, bolsas de mercadorias e futuros e mercados de balcão organizado, foi revogada pela Resolução CVM nº 135/2022, publicada em 10 de junho de 2022, e posteriormente alterada pela Resolução CVM nº 170/2022.

Nos termos da legislação vigente, o mercado secundário regulamentado é composto pelos mercados organizados de bolsa e balcão e os mercados de balcão não organizados, como expresso no artigo 2º, inciso VIII, da Resolução CVM nº 135/2022.

O mercado organizado, segundo o inciso VII do artigo supramencionado, é o “ambiente físico ou sistema eletrônico destinado à negociação ou ao registro de operações com valores mobiliários por um conjunto determinado de participantes, que atuam por conta própria ou de terceiros”.⁹²

⁹² COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 135/2022**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol135.html>. Acesso em: 15 out. 2023.

A atuação no mercado organizado é feita por um participante, podendo ser este, conforme a redação do artigo 2º, inciso IX, da Resolução CVM nº 135/2022:⁹³

pessoa jurídica, fundo ou veículo de investimento a quem uma entidade administradora de mercado organizado tenha concedido autorização para operar nos ambientes ou sistemas de negociação ou de registro de operações dos mercados organizados de valores mobiliários por ela administrados;

O mercado organizado de bolsa, por sua vez, demanda a figura do intermediário como interventor (artigo 4º, inciso III, da Resolução CVM nº 135/2022). A figura do intermediário era regulada pela Instrução CVM 505/2011, a qual foi revogada pela Resolução CVM nº 35/2021 e, posteriormente, sofreu alterações pelas Resoluções 134/22 e 179/23.

A intermediação financeira funciona como espécie de ponte entre agentes superavitários e deficitários, permitindo a troca de valores em um mercado eficiente. Sobre o intermediador, sustenta Pimenta (2023, p.76):

Note-se que a estrutura patrimonial dos intermediários financeiros tem, em sua essência, particularidade que em muito ajuda a compreender seu papel básico no funcionamento do mercado⁶⁸: estes intermediários captam à vista – momento presente - a poupança dos agentes superavitários, para repassá-las a crédito - ou seja, com recebimento futuro - aos agentes deficitários. Tornam-se, assim, devedores à vista, dos depositantes e credores, a prazo, dos mutuários.

Obviamente, como entidades de finalidade lucrativa, as instituições dedicadas a intermediação financeira realizam essa captação e direcionamento de capital com o objetivo de auferir os ganhos decorrentes da diferença entre os valores pelos quais remuneram seus poupadores e aqueles que cobram, pelo uso dos recursos financeiros disponibilizados, de seus mutuários

Em termos simplificados, o intermediário recebe do cliente uma ordem – definida no artigo 2º, inciso X, da Resolução CVM nº 35/2021⁹⁴, como “ato prévio pelo qual o cliente determina que um intermediário negocie ou registre operação com valor mobiliário, nos termos do art. 12, em seu nome e nas condições que especifica” – e essa ordem se transformará em oferta quando inserida nos sistemas de negociação de valores mobiliários.

O intermediário tem como dever a garantia de melhor execução da ordem emanada do cliente, como disposto no artigo 20 da RCVM 35/2021:⁹⁵

⁹³ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 135/2022**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol135.html>. Acesso em: 15 out. 2023.

⁹⁴ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 35/2021**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol035.html>. Acesso em: 15 out. 2023.

⁹⁵ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 35/2021**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol035.html>. Acesso em: 15 out. 2023.

O intermediário deve adotar, na execução de ordens, todas as medidas suficientes para obter o melhor resultado possível para o cliente, levando em conta o preço, o custo, a rapidez, a probabilidade de execução e liquidação, o volume, a natureza e qualquer outra consideração relevante para execução da ordem.

A busca da melhor execução em prol do interesse do cliente ganha contornos ainda mais profundos quando se pensa na utilização da inteligência artificial no mercado de valores mobiliários. Isto porque, tanto os algoritmos de negociação de alta frequência (*high frequency traders – HFT's*), quanto os *robô-advisors*, tiveram o uso incrementado na tomada de decisão pela intenção de se obter resultados mais lucrativos, rápidos e com menores custos, como será aprofundado no capítulo seguinte.

Para melhor entendimento do funcionamento do mercado de valores mobiliários, o qual se faz necessário à compreensão futura da aplicação de recursos da inteligência artificial nas negociações neste celebradas, vislumbra-se a necessidade de que seja feito o recorte a seguir sobre a microestrutura do mercado secundário.

3.3 Microestrutura do mercado secundário

A análise da microestrutura do mercado secundário, segundo a divisão proposta pela B3, se dá em três pilares: acesso ao mercado; negociação e pós-negociação.⁹⁶

Como supramencionado, no atual contexto, as negociações realizadas no mercado secundário são predominantemente feitas em meio eletrônico. Desde 2015, a B3 administra uma única plataforma de negociação multiativos, o PUMA Trading System.⁹⁷

A participação no mercado é feita pelo intermediário, que poderá ser um participante de negociação pleno (PNP), que tem a possibilidade de disponibilizar a conexão ao participante de negociação (PN) ou ao comitente a ele vinculado.⁹⁸

A conexão do PN autorizados por PNP pode se dar pelos seguintes meios: mesa de operações; assessor; zeragem automática; direto automático e sessão supervisora. O objetivo da divisão dos meios de execução da conexão reside na possibilidade de averiguação da origem desta.

⁹⁶ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 154.

⁹⁷ B3. **Negociação:** listado B3. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/regulacao/estrutura-normativa/regulamentos-e-manuais/negociacao.htm. Acesso em: 30. out. 2023.

⁹⁸ B3. **Manual de procedimentos operacionais de negociação da B3.** Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/93/D2/40/3B/8AFE961023208E96AC094EA8/Manual%20de%20procedimentos%20operacionais%20de%20negociação%20da%20B3%20-%20Versão%2008042019.pdf.pdf>. Acesso em: 30. out. 2023.

Neste sentido, impõe destacar o disposto no Manual de procedimentos operacionais de negociação da B3⁹⁹ sobre a zeragem automática e o direto automático:

Zeragem Automática

Utilizado por participante de negociação pleno ou participante de negociação para registrar ofertas em nome próprio ou em nome de comitentes, sendo que o envio das ofertas deve ser realizado exclusivamente por meio de algoritmos, sem intervenção de um profissional de operações, em conformidade com parâmetros preestabelecidos pelo participante de negociação pleno ou participante de negociação e com finalidade exclusiva de redução de risco ou posição. É obrigatória a identificação, na mensagem enviada à B3 quando do registro da oferta, de um profissional de operações, que figurará como responsável pelo algoritmo de envio da oferta de zeragem automática perante a B3.

Direto automático

Utilizado por participante de negociação pleno ou participante de negociação para automatizar o registro de oferta direta em nome de comitentes, sendo restrito para o envio de oferta direta automática por meio de sistema eletrônico de busca de contraparte, sem intervenção de um profissional de operações, em conformidade com parâmetros preestabelecidos pelo participante de negociação pleno ou participante de negociação. As operações registradas por meio de oferta direta automática devem respeitar todas as regras de operações diretas e, na mensagem enviada à B3, deve ser informado o profissional de operações responsável pela operação. Além disso, estas operações serão analisadas pela B3, sendo o participante de negociação pleno ou participante de negociação responsável por adotar controles necessários para assegurar o efetivo enquadramento.

Nota-se que em ambos os meios, o registro das ofertas será realizado por algoritmo e sem a intervenção de um profissional, mas, a despeito da ausência de supervisão, insta frisar a preocupação regulatória em relação à imputação de responsabilidade ao operador indicado, no caso da zeragem automática, ou ao próprio participante, na hipótese do direto automático, por eventuais danos ocasionados pelo sistema algorítmico.

Definido então quem pode negociar na bolsa, resta saber como se dará esse acesso. O Ofício nº 021/2008-DP,¹⁰⁰ publicado pela BM&FBovespa, trouxe o novo modelo de negociação na bolsa que permitia o acesso direto ao mercado – denominado como *Direct Market Access – DMA* – com o objetivo de facilitar o acesso dos participantes do mercado à negociação eletrônica.

Existem quatro modelos de DMA, os quais se diferenciam pela infraestrutura utilizada no acesso ao mercado, conforme esmiuçado a seguir, em observância ao disposto no Ofício nº 021/2008-DP.

⁹⁹ B3. **Manual de procedimentos operacionais de negociação da B3**. Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/93/D2/40/3B/8AFE961023208E96AC094EA8/Manual%20de%20procedimentos%20operacionais%20de%20negociação%20da%20B3%20-%20Versão%2008042019.pdf>. Acesso em: 30. out. 2023. p. 9.

¹⁰⁰ BM&f BOVESPA. **Ofício Circular nº 21 de 08 de julho de 2008**. Disponível em: https://www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/bd_manual/DMA.asp. Acesso em: 08 nov. 2023.

No DMA1 – Tradicional, a oferta é roteada através da infraestrutura da intermediária (chamada de “corretora” no Ofício nº 021/2008) antes de chegar ao sistema da bolsa.

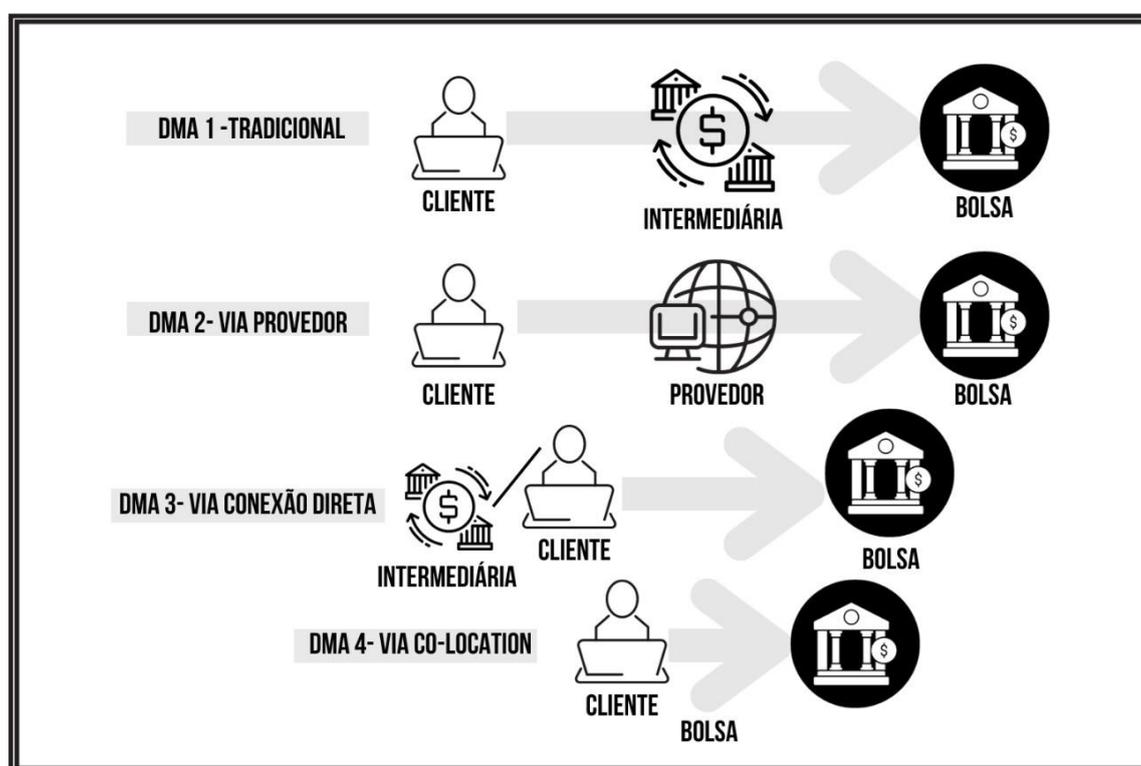
No DMA2 – via Provedor, as mensagens do cliente não trafegam pela rede da intermediária, mas sim do provedor que, juntamente aos sistemas da bolsa, fará o controle do vínculo entre intermediária e cliente.

O modelo DMA3- via Conexão Direta, por sua vez, permite que as ofertas sejam enviadas diretamente pelo cliente – que tem o acesso permitido pela intermediária – aos sistemas da bolsa, sem usar da infraestrutura da intermediária ou de provedor.

Na DMA4- via *Co-location*, no entanto, não há o roteamento de ofertas, já que as ordens do cliente são geradas por *software* que se encontra instalado em máquina/equipamento hospedado em espaço físico disponibilizado pela Bolsa.

A Figura 5 a seguir organiza visualmente os modelos de DMA conforme a infraestrutura utilizada:

Figura 5 - Modelos de DMA



FONTE: Figura elaborada pela autora.

Como se depreende da observação da Figura 5, a possibilidade de que as ofertas do cliente sejam registradas diretamente no sistema da bolsa (como ocorre no modelo DMA3) ou, até mesmo, dispensem a roteamento ao serem geradas diretamente no software da bolsa (como

ocorre no DMA4), tornam as operações mais rápidas, diminuindo a latência, ou seja, o tempo decorrido entre a emissão da oferta e o registro da ordem.

A redução da latência gera um diferencial competitivo e, como será aprofundado no capítulo seguinte, mostra-se também como uma das vantagens proporcionada nas negociações algorítmicas de alta frequência.

O segundo pilar da microestrutura do mercado é representado pela fase de negociação, que tem início com o envio da ordem pelo cliente ao intermediário. Nos termos do artigo 2º, inciso X, da RCVM nº 35 de 2021, a ordem é o “ato prévio pelo qual o cliente determina que um intermediário negocie ou registre operação com valor mobiliário, nos termos do art. 12, em seu nome e nas condições que especificar.”¹⁰¹

A oferta, por sua vez, é o “ato pelo qual o intermediário manifesta a intenção de realizar um negócio com valor mobiliário, para si, para seus clientes ou outras pessoas com quem mantenha relação contratual, registrando os termos e condições necessários no sistema de negociação de entidade administradora de mercados organizados;”, como dispõe o inciso IX do art.2º da RCVM nº 35 de 2021.¹⁰²

A dinâmica da negociação tem início com o leilão de abertura, também conhecido como *call* de abertura, em que as ofertas são registradas para que se formem os preços. Após o *call*, as ofertas são incluídas no livro de ofertas e tem início a execução regular da sessão de negociações, denominada pregão. O pregão tem seu fechamento dado com o leilão de fechamento ou *call* de fechamento.¹⁰³

Segundo Isac Costa,¹⁰⁴ conforme as ofertas são enviadas ao sistema, duas filas são formadas. A primeira engloba as ofertas de compra e a segunda contempla as ofertas de venda de ativos. Dois critérios definem as posições nas filas: a ordem de chegada, em que ofertas mais antigas com mesmo preço prevalecem em detrimento das mais recentes, e o preço, em que ganham prioridade as ofertas de venda com menor preço (*bid*) e de compra com maior preço (*ask*). A diferença entre *ask* e *bid* é denominada *spread*.

¹⁰¹ B3. **Manual de procedimentos operacionais de negociação da B3.** Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/93/D2/40/3B/8AFE961023208E96AC094EA8/Manual%20de%20procedimentos%20operacionais%20de%20negociação%20da%20B3%20-%20Versão%2008042019.pdf.pdf>. Acesso em: 30. out. 2023..

¹⁰² B3. **Manual de procedimentos operacionais de negociação da B3.** Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/93/D2/40/3B/8AFE961023208E96AC094EA8/Manual%20de%20procedimentos%20operacionais%20de%20negociação%20da%20B3%20-%20Versão%2008042019.pdf.pdf>. Acesso em: 30. out. 2023. .

¹⁰³ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 173.

¹⁰⁴ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 171.

A formação dos preços, em síntese, tem com referencial algumas informações, tais quais: dados históricos de negociação e informações públicas e privadas sobre as companhias e a conjuntura econômica.¹⁰⁵

Para evitar que haja uma variação abrupta na formação dos preços, existem controles de volatilidade. No caso da B3, os limites de oscilação são denominados túneis de negociação e podem ser subdivididos entre túnel de rejeição, em que as ofertas fora dos limites estipulados são eliminadas; túnel de leilão, em que, alcançado o limite de determinado ativo, é iniciado automaticamente um leilão; e túnel de proteção, em que são estabelecidos limites para determinar a prorrogação dos *calls* de abertura e fechamento com intuito de aperfeiçoar o processo de formação de preços.¹⁰⁶

Por fim, concluídas as fases de pré-negociação e negociação, tem início a pós-negociação, que contempla as etapas da compensação, liquidação e custódia (guarda dos ativos). A compensação corresponde ao cálculo das obrigações e direitos líquidos detidos pelos integrantes do sistema. Lado outro, a liquidação é a efetivação do cumprimento das obrigações e gozo dos direitos conforme previamente estabelecido na fase de compensação.

Para administrar os riscos operacionais e evitar eventuais inadimplências, a Câmara de Compensação e Liquidação da B3 atua como contraparte central das obrigações e direitos oriundos das negociações no mercado. As liquidações neste contexto se dão através dos “membros de compensação”, logo, participante detentor de autorização de acesso para liquidação financeira diretamente perante a câmara.¹⁰⁷

A partir da introdução dos conceitos, aspectos estruturais e da dinâmica do mercado secundário, nota-se que se trata de um ecossistema bastante complexo, em que o domínio de certas variáveis pode ser decisivo para a consolidação de um investimento vantajoso ou não.

A tomada da decisão mais vantajosa, depende da capacidade informativa aprofundada, mas, também não pode demandar o aumento de custos, nem tampouco incremento no gasto de tempo e, ainda, deve ter máxima racionalidade, não admitindo espaço para erros humanos.

Racionalidade, acurácia, velocidade e capacidade de processamento de altos volumes de dados, alguns dos atributos da inteligência artificial que tornaram seu uso tão relevante no

¹⁰⁵ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmara lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 108.

¹⁰⁶ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmara lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 177.

¹⁰⁷ B3. **Regulamento da câmara B3**. 30 nov. 2020. https://www.b3.com.br/data/files/36/07/AC/F1/1C916710700BFA57AC094EA8/Regulamento%20da%20Camar a%20B3_20201130.pdf. Acesso em: 20 out. 2023. p. 9-13.

mercado de valores mobiliários. Por esta razão, a utilização de algoritmos na tomada de decisões no mercado secundário será objeto do próximo capítulo.

4 FINANÇAS DIGITALIZADAS: ASCENSÃO TECNOLÓGICA NO MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS

O economista francês François Chesnais (1996), ao analisar a transformação do sistema econômico mundial, concluiu pela estruturação do fenômeno que nomeou como mundialização financeira a partir da década de 1980. Com isso, no que permeia ao mercado de capitais, passa a ser verificado o incremento dos investimentos em tecnologias hábeis a permitir a circulação de informações em tempo real e capazes de romper as barreiras geográficas das negociações simultâneas e em alta velocidade entre diferentes mercados.¹⁰⁸

Ao contexto de ampliação do uso da tecnologia como fator de compressão dos fluxos espaço-tempo e, por consequência, obtenção de vantagem competitiva nos ganhos financeiros, Edemilson Paraná¹⁰⁹ deu o nome de “finanças digitalizadas”.

Para além da compressão das lacunas entre diferentes mercados e com maior velocidade, sistemas tecnológicos foram desenvolvidos nas décadas de 1980 e 1990 usando de conhecimentos matemáticos, estatísticos e dados relativos aos padrões de comportamento dos mercados nas décadas anteriores, para consolidar modelos capazes de fazer análises preditivas precisas para a tomada de decisões mais lucrativas e com menores riscos no mercado de capitais.¹¹⁰

No que tange o mercado de capitais, a tomada de uma decisão que assegure maior ganho financeiro e riscos reduzidos está atrelada ao grau de acesso do agente investidor às informações do mercado. Isto porque, quanto mais informada for a decisão, maior será a racionalidade e, por consequência, as chances de acerto.

Ocorre que a tomada de decisão pautada em alto grau informacional, usualmente, implica custos e tempo, o que pode levar o investidor à perda de oportunidades.¹¹¹ Por esta razão, Brian Christian e Tom Griffiths denominam como “parada ótima” a escolha que atinge

¹⁰⁸ PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 245-272, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023. p. 246.

¹⁰⁹ PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 245-272, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023.

¹¹⁰ PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 245-272, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023. p. 149.

¹¹¹ PIMENTA, Eduardo Goulart. **Direito societário**. 4. ed. Belo Horizonte: Ed. do Autor, 2022. p. 246.

alto grau informacional, mas sem que haja perda de oportunidades, já que concretizada a decisão no momento ideal.¹¹²

No contexto da mundialização econômica, em que a abundância de dados e informações atinge níveis inéditos e os avanços tecnológicos impõem a contagem do tempo em milissegundos, mormente em relação à velocidade das negociações no mercado de capitais, a permanência de um modelo de julgamentos pautado apenas nas ponderações humanas se torna improvável.

Se decisões humanas, então, estão sujeitas a um risco significativo de serem falhas e, além disso, não possuem velocidade competitiva no processamento de informações quando comparadas às decisões automatizadas, não há que se estranhar que as finanças tenham se tornado digitalizadas.

Com efeito, como sustentado por Paraná,¹¹³ o modelo de negociação prevalente no mercado de capitais digitalizado é regido por três princípios:

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.

Ao fator humano, o economista israelense-americano, Daniel Kahneman,¹¹⁴ em sua obra “*Noise. A Flaw in Human Judgment*”, atribui o selo de ruídos. Segundo a interpretação da obra de Kahneman feita por Ana Frazão, os ruídos seriam erros não-sistemáticos decorrentes de fatores imprevisíveis e que impactam de forma indesejável o julgamento humano. Por serem imprevisíveis, os ruídos apenas seriam identificados através de estatística.¹¹⁵

Ainda segundo Frazão,¹¹⁶ o economista sustenta que o objetivo central do julgamento é a acurácia, logo, uma decisão sem ruídos deveria ser altamente precisa, exata e objetiva. Para

¹¹² CHRISTIAN, Brian; GRIFFITHS, Tom. **Algoritmos para viver: a ciência exata das decisões humanas**. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2017. p. 54.

¹¹³ PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 245-272, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023. p. 250.

¹¹⁴ KAHNEMAN, Daniel; SIBONY, Olivier; SUNSTEIN, Cass. **Noise: A Flaw in Human Judgment**. Nova Iorque: Little Brown Spark, 2021.

¹¹⁵ FRAZÃO, Ana. Discriminação algorítmica: e o problema do ruído? Porque a mera remoção do ruído não evita julgamentos discriminatórios e incorretos. **Jota Info**, 2021. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/constituicao-empresa-e-mercado/discriminacao-algoritmica-e-o-problema-do-ruido-15092021>. Acesso em: 31 ago. 2023.

¹¹⁶ FRAZÃO, Ana. Discriminação algorítmica: e o problema do ruído? Porque a mera remoção do ruído não evita julgamentos discriminatórios e incorretos. **Jota Info**, 2021. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e>

que se atinja, por sua vez, tal qualidade altamente racional, a decisão deveria ser marcada por uma neutralidade que é inatingível no julgamento humano.

Em ponto diametralmente oposto à ausência de neutralidade intrínseca ao julgamento humano está a máxima objetividade inerente aos modelos matemáticos. E se a aplicação da ciência exata, ao menos em tese, elimina o problema do ruído, a potencialização da acurácia matemática através de sistemas de inteligência artificial cada vez mais sofisticados contempla ainda a velocidade competitiva exigida pelo complexo e ágil mercado de valores mobiliários.

No intuito de aprofundar o debate sobre o uso da inteligência artificial no mercado de capitais, o presente capítulo contemplará a análise de tecnologias com relevante utilização na tomada de decisão no mercado: os robôs de investimentos, também denominados *robô-traders*, voltados às negociações algorítmicas.

4.1 Robôs de investimento, negociação algorítmica e negociação algorítmica de alta frequência

A Comissão de Valores Mobiliários (CVM), em notícia veiculada em sua plataforma digital em 01 de novembro de 2022,¹¹⁷ deu um aceno, ainda bastante tímido, rumo à construção de uma regulação compatível com a complexidade e relevância do tema da utilização da IA no mercado de capitais. A publicação traz, inclusive, um conceito de robôs de investimentos – nomenclatura sinônima a robôs de ordens: “Quando automatizada, o robô de ordens é capaz de, acompanhando os preços e negócios realizados no mercado, decidir o momento de entrar e sair de uma posição e de enviar as ordens e cancelamentos, sem necessidade de intervenção humana.”

O robô de investimento, tecnicamente, é um sistema algorítmico que é utilizado no processo de tomada de decisão em razão da máxima racionalidade alcançada pela tecnologia através do processamento massivo de dados. A partir da análise feita pela máquina, o próprio algoritmo negocia as ofertas segundo sua apuração.

A chamada negociação algorítmica não se confunde com a negociação eletrônica, apesar de depender desta para sua concretização. Isto porque se faz necessária a infraestrutura de um

analise/colunas/constituicao-empresa-e-mercado/ discriminacao-algoritmica-e-o-problema-do-ruído-15092021 . Acesso em: 31 ago. 2023.

¹¹⁷ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Robôs de investimento**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/investidor/pt-br/investir/como-investir/profissionais-do-mercado/robos-de-investimentos>. Acesso em: 30 ago. 2023.

mercado eletrônico para que os sistemas de inteligência artificial possam realizar suas análises preditivas e, após, enviar as ofertas mais vantajosas.

Isac Costa, em sua obra *High Frequency Trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*, traz uma contribuição ímpar para o entendimento conceitual e funcional da negociação algorítmica. Sobre o processo de tomada de decisão pelo algoritmo no mercado de valores mobiliários, Costa:¹¹⁸

Os dados de entrada destes algoritmos são, em essência, as ofertas presentes no livro (preço e quantidade), que variam ao longo do tempo, juntamente com a série histórica de volume financeiro, quantidade de títulos e número de negócios (NARANG, 2013, p.133 e ss). A cada período de tempo (alguns milissegundos, segundos ou minutos) ou a cada mudança no estado do livro de ofertas, o algoritmo deve processar o conjunto de informações que recebe e avaliar as condições de mercado para decidir o que vai fazer (esperar, comprar ou vender com ofertas limitadas ou a mercado, determinar as quantidades de negociação).

A negociação algorítmica torna-se atrativa por apresentar uma série de vantagens quando comparada ao julgamento humano. A primeira delas diz respeito à velocidade com que os sistemas algorítmicos conseguem efetuar operações, que, além de superarem a celeridade humana, ainda são feitas em volume muito maior do que é possível uma negociação tradicional.

Não obstante, a acurácia do processo decisório automatizado se deve à máxima racionalidade da máquina, objetividade esta que não é intrínseca aos seres humanos, logo, em negociações algorítmicas, a ocorrência de erros humanos é sensivelmente reduzida.

O gênero das negociações algorítmicas abrange uma espécie que tem como principal característica a possibilidade de enviar um alto número de mensagens aos sistemas de negociação de mercados organizados: a negociação algorítmica de alta frequência ou, em inglês, *high frequency trading (HFT)*.¹¹⁹

Em breve esboço histórico, se verifica o surgimento do HFT nos anos 2000,¹²⁰ como um impacto do avanço da tecnologia sobre o mercado de capitais. Taimi Haensel¹²¹ traz um panorama internacional do uso de HFT:

¹¹⁸ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p.38.

¹¹⁹ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 39.

¹²⁰ IOSCO - INTERNATIONAL ORGANIZATION OF SECURITIES COMMISSIONS. **Technical Committee of the International Organization of Securities Commissions. Regulatory Issues Raised by the Impact of the Technological Changes on Market Integrity and Efficiency**: Final Report. FR09/11, cit., p. 20. Disponível em: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD354.pdf>. Acesso em 01 ago. 2023.

¹²¹ HAENSEL, Taimi. **Os desafios da regulação do High Frequency Trading no Brasil**: uma abordagem prudencial à luz das transformações operadas pela inovação tecnológica no mercado de valores mobiliários. 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p. 29-30. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956870>. Acesso em: 15 jul. 2023.

Em 2013, apontou-se que, nos Estados Unidos, 70% do volume de negócios com equity teria sido realizado com HFT. A Europa, a seu turno, teria entre 40 e 50% do volume de seus negócios realizados desta forma. Relatório mais recente do congresso norte-americano também aponta figuras relevantes referentes à participação do HFT no mercado americano: negociações com HFT equivaleriam a 55% do volume de negociações do mercado acionário dos Estados Unidos e 40% do mercado europeu.⁸⁹ Já em 2018, fala-se que aproximadamente metade das negociações com ações nos Estados Unidos seja feita por HFTs.

Corroborando ao panorama apresentado por Haensel, as informações apresentadas por Karkowska e Palczewski, que afirmam que a maior parte das transações operadas no mercado de capitais atualmente ocorre em milissegundos, como demonstram os dados a seguir:

Os dados estatísticos fornecidos por Hendershott e Riordan (2013) destacam que a negociação algorítmica (AT) gerou 52% do volume de ordens de mercado e 64% do volume de ordens limitadas na Deutsche Börse em 2008. Brogaard (2010) e Brogaard et al. (2014) relatam que para os anos 2008-2009, o HFT foi responsável por 68,5% do volume em dólares e participou em 74% das negociações na NASDAQ. Hagströmer e Nordén (2013) revelam que o HFT na NASDAQ-OMX Estocolmo constituiu a maior parte do volume de negociação (63%–72%) e do tráfego de ordens limitadas (81%–86%) nos anos 2011–12. Anagnostidis e Fontaine (2020) analisando ações do índice CAC 40 em 2015 estimam que os traders de alta frequência foram responsáveis por 98,5% das ordens, 99,5% dos cancelamentos e 89,5% das ordens negociáveis. A negociação algorítmica também representa uma fração significativa do volume de negociação nos mercados emergentes, conforme documentado por Dubey et al. (2017) que mostram que para ações do índice NIFTY 50 do mercado de ações indiano em agosto de 2013, 96% das ordens e 75% das negociações foram executadas por traders algorítmicos.¹²²

No Brasil, as primeiras negociações de alta frequência foram registradas em 2010, quando esse tipo de negociação representou menos de 0,6% do volume total negociado. Em 2013, por sua vez, o percentual de HFT atingiu o volume de 12% (doze por cento), confirmando a tendência ascendente do uso de algoritmos de IA no mercado de valores mobiliários.¹²³

Em 2014, a CVM, em seu Relatório anual, reitera a tendência de crescimento das negociações de alta frequência:

Verifica-se no quadro a seguir que a presença de HFTs no Brasil mantém o expressivo ritmo de crescimento observado nos últimos anos⁷ em termos de número de negócios,

¹²² KARKOWSKA, Renata; PALCZEWSKI, Andrzej. Does high-frequency trading actually improve market liquidity? A comparative study for selected models and measures. **Research in International Business and Finance**, v. 64, p. 101872, 2023. P.1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531922002586>. Acesso em 25 out. 2023.

¹²³ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro. 2013. p. 33. Disponível em: http://www.cvm.gov.br/export/sites/cvm/publicacao/relatorio_anual/anexos/Relatorio_Anuual_2013.pdf. Acesso em: 10. set. 2023.

tendo sido responsáveis, em 2014, por 14% do volume total negociado e 46% do número total de negócios no segmento Bovespa.¹²⁴

Nos relatórios de 2015 e 2016, a CVM não traz novas estatísticas relacionadas a HFT's. No mesmo sentido seguiu o relatório de 2017, tendo o documento trazido apenas uma menção a respeito da fiscalização de irregularidades nos investimentos de alta frequência:

Em 2017, a CVM e a BM&FBOVESPA Supervisão de Mercados (BSM) estabeleceram focos, por exemplo, na detecção de irregularidades envolvendo algoritmos e investidores de alta frequência - tipicamente casos de práticas como spoofing e layering, sendo que as primeiras acusações formuladas nesse contexto foram de manipulação de mercado.¹²⁵

O último relatório anual da CVM data de 2018. Neste, tal qual verificado no relatório de 2017, não há apresentação de dados estatísticos relacionados às negociações de alta frequência, mas tão somente a menção de ocorrência de manipulações de mercado em negociações envolvendo algoritmos.¹²⁶

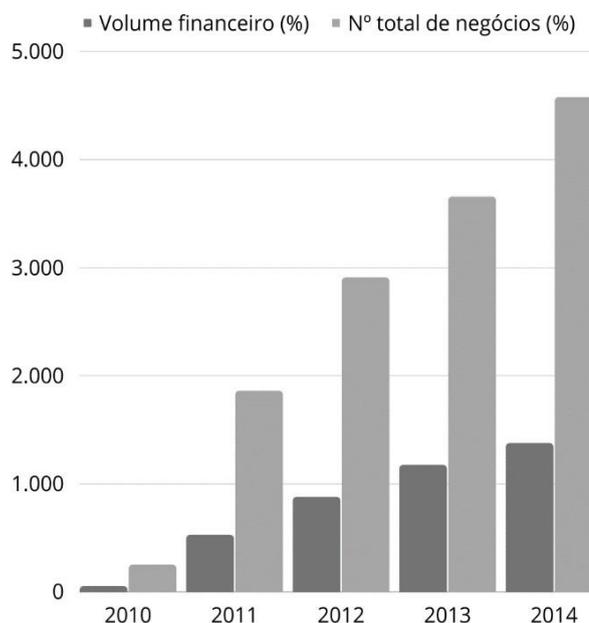
Diante da ausência de estatísticas veiculadas pela CVM em relação às negociações de alta frequência no Brasil nos últimos anos, a Figura 6 se restringirá a ilustrar a evolução de HFT no período compreendido entre os anos de 2010 e 2014:

¹²⁴ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro, 2014. p. 47. Disponível em: [Relatorio_Anuar_2014.pdf](https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/anual/relatorio-anual-cvm-2014/pdf) (cvm.gov.br). Acesso em: 10 set.2023.

¹²⁵ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro, 2017. p. 36. Disponível em: <https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/anual/relatorio-anual-cvm-2017/view>. Acesso em: 11 set. 2023.

¹²⁶ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro, 2018. p. 26. Disponível em: <https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/anual/relatorio-anual-cvm-2018/view>. Acesso em: 12 set.2023.

Figura 6 - Evolução das negociações de alta frequência no Brasil entre os anos de 2010 e 2014



FONTE: Figura elaborada pela autora.

Isac Costa, em sua pesquisa de 2020, trouxe dados relevantes para a aferição da ocorrência de HFT nos últimos anos no mercado de valores mobiliários brasileiro:

A partir destes dados, podemos afirmar que, no Brasil, pouco menos da metade dos negócios realizados no segmento BM&F na B3 (único com dados recentes disponíveis) provêm de HFTs, que realizam cerca de 3,6 negócios em média a cada 100 milissegundos, considerando uma duração de sessão contínua de negociação de 7 horas por pregão.¹²⁷

A escassez de dados atualizados em relação às negociações algorítmicas compromete a transparência necessária à manutenção de equidade no mercado, além de fomentar eventuais práticas ilícitas no uso de algoritmos de negociação, uma vez que a desinformação é o primeiro passo para a manipulação de mercado.

Com isso, a presente pesquisa se mostra adequada e necessária ao desenvolvimento de uma regulação hábil a tratar dos riscos e desafios inerentes ao avanço do uso de sistemas algorítmicos no mercado de valores mobiliários.

¹²⁷ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 75.

Após a análise inicial do panorama de HFT no mercado de valores mobiliários, especialmente no contexto brasileiro, há que se construir um conceito de negociação algorítmica de alta frequência.

4.1.1 Construindo um conceito de HFT

A despeito da subnotificação existente em relação aos dados indicativos da continuidade – e possível ascensão - das negociações de alta frequência no mercado de valores mobiliários brasileiro, não restam dúvidas de que os algoritmos de investimento permanecem sendo utilizados.

Por essa razão, a construção de um conceito da negociação de alta frequência, bem como do sistema que pratica tal atividade – os robôs de investimento, no caso – se mostra imprescindível à melhor compreensão do ecossistema do mercado pelos investidores e, também, ao desenvolvimento de respostas regulatórias compatíveis com o contexto vigente.

As negociações algorítmicas de alta frequência, com o próprio nome indica, envolve o envio de um volume elevado de mensagens pelo algoritmo ao sistema de negociação do mercado.¹²⁸

Contudo, o termo “elevado” se mostra como genérico e demasiado subjetivo para estruturar o conceito de HFT. Isac Costa esboça uma concepção pautada no critério quantitativo que permitiria a classificação de uma negociação algorítmica como de alta frequência.

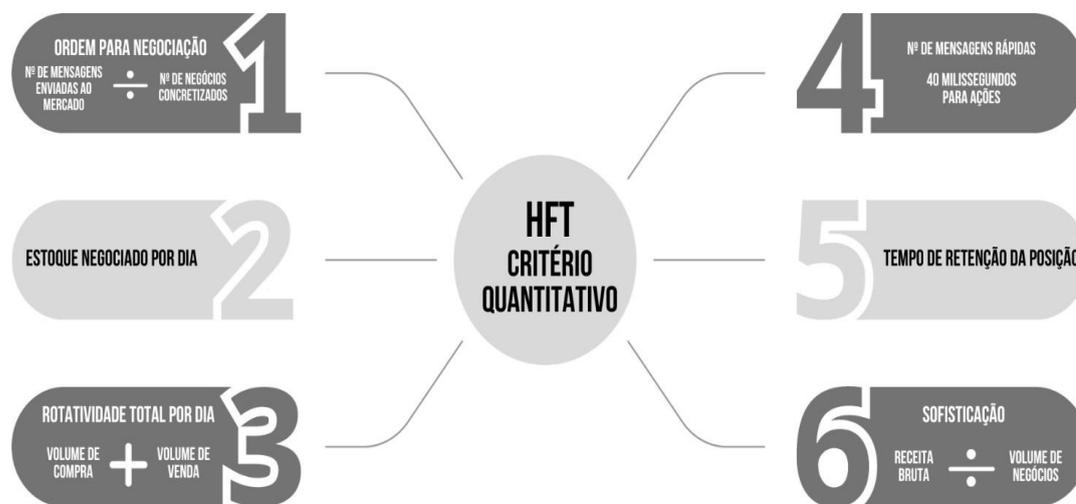
Para a formulação do referido critério quantitativo que definiria um investidor como *high frequent trader*, Costa (2020, p. 41) se valeu de estudo realizado pela ASIC - *Australian Securities and Investments Commission*, em 2012, em que foram estabelecidas métricas para identificação da atividade algorítmica de alta frequência.

Em 2018, a ASIC publicou novo documento¹²⁹ atualizando as métricas propostas e consolidando os limites para o reconhecimento de HFT, conforme ilustrado pela Figura 7 a seguir:

¹²⁸ COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta**: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 39.

¹²⁹ AUSTRALIAN SECURITIES AND INVESTMENTS COMMISSION (ASIC). **Report 597** - High-frequency trading in Australian equities and the Australian – US dollar cross rate. 2018. Disponível em: <https://download.asic.gov.au/media/4938274/rep597-published-15-november-2018.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

Figura 7 - Critério quantitativo de HFT



FONTE: Figura elaborada pela autora.

A partir da métrica proposta pela comissão australiana, algumas conclusões podem ser tiradas. No critério de número 1, o número de mensagens (envolvendo ofertas e possíveis alterações destas) enviadas ao sistema de negociação é dividido pelo número de negócios efetivamente concluídos. Se o resultado for alto, haverá um indício de HFT, já que os *traders* de alta frequência, especialmente aqueles que fornecem liquidez, tendem a ter uma alta ordem de negociação.

No segundo critério é verificado o valor residual mantido quando comparado com o volume total de negócios do dia. Em algoritmos de alta frequência, a tendência de manter posição *overnight* é pequena.

O critério 3 diz respeito à rotatividade total por dia, logo, é feita a soma dos volumes de compras e vendas feitas no dia. Se o resultado da operação for elevado, há indícios de grande atividade, e HFT tendem a ter alta rotatividade.

No quarto critério é analisado o número de mensagens rápidas enviadas pelo agente. Trata-se das chamadas “ofertas efêmeras” (*fleeting orders*),¹³⁰ logo, aquelas em que o tempo

¹³⁰ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 83.

entre sua inserção e uma atualização não supera 40 (quarenta) milissegundos. Quanto maior a velocidade de resposta do investidor, maiores as chances de se tratar de HFT.

O tempo de retenção de posição está apresentado no quinto critério e é determinado pela média ponderada da quantidade de tempo que o *trader* ocupa a posição. Em se tratando de HFT, a manutenção da posição costuma ser curta, já que as mudanças de posições são fundamentais para este estilo de negociação.

O sexto e último critério sugerido pela comissão australiana é a sofisticação. Nesse sentido entende-se que será sofisticado o agente que obtém uma receita maior com menor número de negociações, como é usual nas negociações de alta frequência.

Contudo, a despeito da relevância indiscutível da métrica idealizada pela ASIC, o critério quantitativo, ainda assim, não parece ser suficiente para conceituar a negociação de alta frequência. Por esta razão, diversos agentes reguladores, como as norte-americanas SEC – *SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION* e CFTC – *COMMODITY FUTURES TRADING COMMISSION*; a IOSCO – *INTERNATIONAL ORGANIZATION OF SECURITIES COMMISSIONS* e a ESMA – *EUROPEAN SECURITIES AND MARKET AUTHORITY*, formularam concepções de HFT's com base na estrutura destes.

Mais uma vez, o valioso trabalho de Isac Costa¹³¹ será utilizado como base para o desenvolvimento da concepção estrutural dos HFT's. Costa se debruçou sobre os documentos oficiais regulatórios publicados pela SEC; CFTC; IOSCO e ESMA e elencou características estruturais apontadas por todas as agências como próprias de negociações de alta frequência.

Quatro características em comum foram sustentadas em todos os documentos oficiais como típicas de HFT's: (i) a negociação por algoritmos praticamente sem intervenção humana; (ii) o uso de tecnologias de minimização de latência; (iii) o elevado número de mensagens e negócios realizados e (iv) a elevada taxa de atualização e cancelamento de ofertas.¹³²

Taimi Haensel,¹³³ por sua vez, sustenta a impossibilidade de desenvolvimento de um conceito unívoco e propõe uma divisão da figura HFT em quatro dimensões: HFT enquanto sujeito; HFT enquanto algoritmo; HFT enquanto estratégia e HFT enquanto ferramenta.

¹³¹ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 53.

¹³² COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 53.

¹³³ HAENSEL, Taimi. *Os desafios da regulação do High Frequency Trading no Brasil: uma abordagem prudencial à luz das transformações operadas pela inovação tecnológica no mercado de valores mobiliários*. 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p. 77-110. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956870>. Acesso em: 15 jul. 2023.

Na dimensão sujeito, o termo HFT refere-se aos *high frequent traders (HFT's)*, logo, aos investidores e intermediários que farão uso do sistema algorítmico na negociação no mercado de valores mobiliários.¹³⁴ Haensel ainda destaca que a própria CVM, no Relatório Anual de 2013, trouxe expressamente a perspectiva subjetiva do HFT: “A atuação dos operadores e investidores de alta frequência (*High Frequency Traders*) permaneceu sendo o motivo para tal comportamento”.¹³⁵

“Robô de investimento” é a nomenclatura usada como sinônimo para designar a dimensão de HFT enquanto algoritmo. Como abordado no segundo capítulo, algoritmos são as ferramentas que permitem que grandes volumes de dados sejam processados e analisados para que a tomada de decisão. Segundo Haensel, HFT enquanto algoritmo seria um modelo matemático treinado para processar dados relevantes e proceder à tomada de decisões de investimentos em volume e velocidade inatingíveis por seres humanos.¹³⁶

Sob o enfoque dos objetivos perseguidos na negociação algorítmica de alta frequência, a figura HFT é associada às estratégias empregadas na atividade negocial. A doutrina especializada diverge sobre as modalidades existentes, mas serão elencadas brevemente dois modelos de estratégias de HFT.

O primeiro modelo é a arbitragem. A estratégia demanda a previsão de discrepâncias de preços de instrumentos financeiros idênticos ou correlacionados em mercados distintos, ou no caso do Brasil, em que apenas há uma bolsa, em um mesmo ambiente de negociação. A predição da discrepância na precificação pode ser feita através de modelos estatísticos, como ocorre na análise feita por algoritmos.¹³⁷

No segundo modelo em comento, verificam-se as estratégias direcionais, em que o *trader*, baseado nas informações que possui e em sua expectativa de reação do mercado, se antecipa em relação à uma tendência ou até mesmo cria o movimento direcional.

¹³⁴ HAENSEL, Taimi. **Os desafios da regulação do High Frequency Trading no Brasil**: uma abordagem prudencial à luz das transformações operadas pela inovação tecnológica no mercado de valores mobiliários. 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p. 87-88. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956870>. Acesso em: 15 jul. 2023.

¹³⁵ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro. 2017. p. 33. Disponível em: <https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/anual/relatorio-anual-cvm-2017/view>. Acesso em: 17.set. 2023.

¹³⁶ HAENSEL, Taimi. **Os desafios da regulação do High Frequency Trading no Brasil**: uma abordagem prudencial à luz das transformações operadas pela inovação tecnológica no mercado de valores mobiliários. 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p. 82. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956870>. Acesso em: 15 jul. 2023.

¹³⁷ COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta**: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 60-61.

A antecipação de ofertas (*order anticipation*), usa como parâmetro a demanda e a oferta observável no livro de ofertas. Com efeito, se o *trader* nota a presença de uma oferta relevante, logo, passível de gerar um impacto dinâmico no mercado em curtíssimo prazo, ele tem a possibilidade de se posicionar adequadamente e tomar a decisão mais vantajosa.¹³⁸

Esta percepção do movimento do mercado pode ser feita tanto por investidores humanos quanto por sistemas automatizados, mas, em razão da capacidade de processamento e velocidade intrínseca aos algoritmos, a utilização destes para a predição se mostra como mais eficiente e acurada.

A segunda espécie de estratégia direcional é a criação do movimento direcionado pelo *trader*, também denominada como *momentum ignition*. Nas palavras de Isac Costa:¹³⁹

A segunda modalidade de estratégia direcional que despertou o interesse regulatório foi designada como *momentum ignition*, um rótulo que descreve um artifício pelo qual, por meio de uma sequência de ofertas ou de negócios, é possível criar um movimento direcional de curto prazo no preço de determinado instrumento financeiro, movimento este que favorece o investidor que detinha uma posição prévia e que conseguiu efetivamente provocá-lo.

Por fim, a aceção de HFT como ferramenta. Por este viés, trata-se de instrumento tecnológico que se vale de capacidade de processamento de alto volume de dados e em grande velocidade para a tomada de decisão mais vantajosa no mercado secundário, o que se concretiza através do envio de mensagens e efetivação de ofertas no sistema negocial.¹⁴⁰

Diante da análise dos diversos conceitos atribuídos ao HFT, conclui-se pela existência de complementariedade entre estes, devendo haver conjugação das perspectivas já existentes para o melhor entendimento da tecnologia.

Não há que se eliminar o critério quantitativo para que as características estruturais sejam usadas como parâmetro, nem tampouco desconsiderar as aceções de HFT como sujeito, algoritmo, estratégia e ferramenta, posto que a divisão entre dimensões é facilitadora da compreensão da complexa figura das negociações de alta frequência.

¹³⁸ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 63-64.

¹³⁹ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p.66.

¹⁴⁰ HAENSEL, Taimi. *Os desafios da regulação do High Frequency Trading no Brasil*: uma abordagem prudencial à luz das transformações operadas pela inovação tecnológica no mercado de valores mobiliários. 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p. 110-112. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956870>. Acesso em: 15 jul. 2023.

Por estas razões, a Figura 8 a seguir busca a compatibilização dos conceitos – quantitativo (Q); estrutural (E) e dimensional (D) apresentados em prol da formação de uma sistematização didática do HFT:

Figura 8 - Conceito completo de HFT



FONTE: Figura elaborada pela autora.

Finda a análise conceitual de HFT, a próxima seção se destinará ao estudo dos argumentos favoráveis e das possíveis vantagens que decorrem das negociações algorítmicas de alta frequência.

4.1.2. Argumentos favoráveis à atividade HFT

No terceiro capítulo da presente dissertação, ao analisar a microestrutura do mercado de valores mobiliários, mormente o mercado secundário, verificou-se a existência, em síntese, de quatro variáveis fundamentais a serem arguidas no processo de tomada de decisão: (i) o que deve ser comprado ou vendido; (ii) qual a quantidade do ativo que deve ser comprada e/ou vendida; (iii) onde deve ser feito o envio das mensagens ao sistema de negociação e (iv) em que momento a decisão deve ser tomada para que haja máximo lucro.

Em relação ao objeto de investimento, logo, o ativo a ser negociado, pontua-se que a tomada de decisão vantajosa neste contexto depende do acesso pelo investidor às informações relevantes à formação de preços. Neste sentido, incontestemente que algoritmos sofisticados, como

os utilizados em negociações de alta frequência, detêm alta capacidade de processamento de dados, dados estes que, ao serem analisados pela máquina, tornam-se informações importantes para a predição de formação de preços.

Por esta razão, argumenta-se favoravelmente ao HFT no sentido de que a tecnologia funcionaria como redutora da assimetria informacional no mercado, já que aceleraria o processo de disseminação de informações e, por consequência, seria gerada maior eficiência informacional nos mercados, o que iria se refletir nos preços. Em outras palavras, um investidor com maior acesso à informação, seria mais ativo no mercado, o que elevaria a liquidez e, por consequência, reduzia os custos de operação.¹⁴¹

Além disso, para obtenção de investimento lucrativo, é desejável, e muitas vezes necessário, que exista mínima latência na comunicação com o sistema, máxima velocidade na negociação e o menor risco possível ao *player*.

Algoritmos de negociação de alta frequência são tecnologias de baixa latência e, como observador por Haensel, o código do algoritmo de negociação pode ser um fator decisivo na velocidade de comunicação com o sistema de negociação.¹⁴²

No mesmo sentido, a velocidade de processamento de dados e envio de mensagens ao sistema de negociação pelos algoritmos de alta frequência está na casa dos milissegundos, sendo a rapidez na execução das negociações, inclusive, uma das principais características estruturais de HFT.

Pelo apresentado, portanto, os principais argumentos favoráveis às negociações de alta frequência residem na suposta ampliação do acesso à informação pelos investidores, que teoricamente levaria à maior liquidez no mercado; a velocidade inerente aos algoritmos de alta frequência que permite a execução de ofertas em grande volume e curto espaço de tempo; a baixa latência da tecnologia e a sofisticação dos sistemas que, através de *machine learning*, são aperfeiçoados para buscar máxima racionalidade na tomada de decisão.

¹⁴¹ COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta**: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 20.

¹⁴² HAENSEL, Taimi. **Os desafios da regulação do High Frequency Trading no Brasil**: uma abordagem prudencial à luz das transformações operadas pela inovação tecnológica no mercado de valores mobiliários. 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p. 127. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956870>. Acesso em: 15 jul. 2023.

4.1.3 Argumentos desfavoráveis e riscos nas negociações de alta frequência

Um dos argumentos centrais atribuídos como vantagem nas negociações de alta frequência é a redução da assimetria informacional no mercado secundário, sendo esta, em tese, possibilitada pela maior disseminação das informações advindas do processamento de dados por algoritmos. Essa democratização do acesso às informações por todos os investidores, supostamente, levaria a maior liquidez e à diminuição dos custos de negociação.

Ocorre que, a despeito da inegável capacidade de processamento de dados em alto volume e velocidade ostentada por algoritmos de HFT, muitas vezes as informações advindas da análise tecnológica acabam por prejudicar a formação de preços, já que decorrem de previsões embasadas em operações de curto prazo, logo, que não refletem a realidade fidedignamente do contexto total de ofertas e demandas.¹⁴³

Não obstante, a liquidez apontada como consequência da disseminação das informações obtidas através de processamento algorítmico, por vezes, é apenas aparente. Isto porque, como supramencionado, uma das estratégias de HFT é justamente a técnica direcional conhecida como *momentum ignition*, em que o algoritmo cria uma tendência no mercado de modo artificial, através do envio de uma sequência de negócios de curto prazo.

Ademais, HFTs tendem a propagar movimentos abruptos no mercado quando há um eventual mau funcionamento do algoritmo ou nas ocasiões em que percebem uma baixa do mercado e deixam de negociar, acarretando, por consequência, um vácuo de liquidez, que repercute com a variação brusca do preço de ativos, intensificando a indesejada volatilidade.¹⁴⁴

Em que pese se tratar, *a priori*, de estratégia direcional, a técnica *momentum ignition* também é tratada como um gênero que abriga práticas abusivas de manipulação de mercado.

Sobre a manipulação de mercado, cabia à ICVM nº 8/1979 a regulação do tema. No entanto, a Resolução CVM nº 62 de 2022 revogou a referida instrução, trazendo expressamente a proibição em relação às práticas de criação de condições artificiais de demanda, oferta ou preço de valores mobiliários, manipulação de preço, realização de operações fraudulentas e uso de práticas não equitativas, além de trazer as seguintes definições no artigo 2º:¹⁴⁵

¹⁴³ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 73.

¹⁴⁴ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 73.

¹⁴⁵ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 62 de 2022**. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol062.html>. Acesso em: 14 ago. 2023.

- I – condições artificiais de demanda, oferta ou preço de valores mobiliários: aquelas criadas em decorrência de negociações pelas quais seus participantes ou intermediários, por ação ou omissão dolosa provocarem, direta ou indiretamente, alterações no fluxo de ordens de compra ou venda de valores mobiliários;
- II – manipulação de preços: a utilização de qualquer processo ou artifício destinado, direta ou indiretamente, a elevar, manter ou baixar a cotação de um valor mobiliário, induzindo terceiros à sua compra e venda;
- III – operação fraudulenta: aquela em que se utilize ardil ou artifício destinado a induzir ou manter terceiros em erro, com a finalidade de se obter vantagem ilícita de natureza patrimonial para as partes na operação, para o intermediário ou para terceiros; e
- IV – prática não equitativa: aquela de que resulte, direta ou indiretamente, efetiva ou potencialmente, um tratamento para qualquer das partes, em negociações com valores mobiliários, que a coloque em uma indevida posição de desequilíbrio ou desigualdade em face dos demais participantes da operação.

Retomando as espécies de manipulação de mercado abrangidas pela estratégia direcional, conforme definição trazida pela SEC,¹⁴⁶ *layering* e *spoofing* seriam técnicas para criação artificial de demanda.

Segundo documento oficial da BSM - Bm&fBovespa Supervisão de Mercados publicado em 2019, *layering* seria:

A estratégia de *layering* tem como característica a inserção de sucessivas ofertas de um lado do livro a preços melhores que a última oferta registrada, que formam camadas de ofertas sem propósito de fechar negócio, com o objetivo de atrair outros participantes para a negociação e executar negócios no lado oposto do livro.¹⁴⁷

Enquanto a prática do *spoofing* seria definida da seguinte forma:

A estratégia de *spoofing* tem como característica a inserção de ofertas de compra ou de venda com lote expressivo, com o objetivo de exercer pressão compradora ou vendedora no livro de ofertas e, com isso, atrair contrapartes para execução de ofertas constantes no lado oposto do livro. Após a realização dos negócios, os clientes cancelam as ofertas expressivas.¹⁴⁸

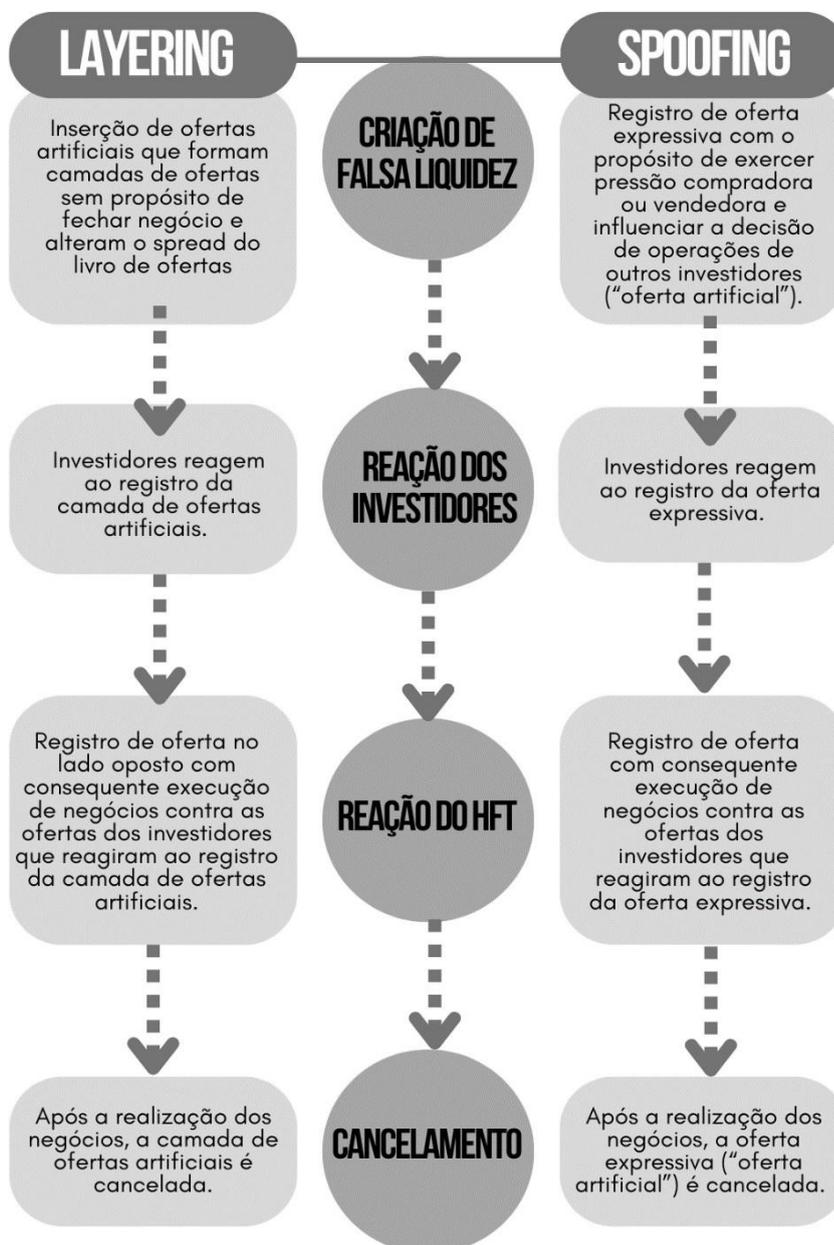
O referido documento ainda descreve um ciclo da dinâmica das práticas abusivas, como ilustrado na Figura 9:

¹⁴⁶ SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION. **Concept Release on Equity Market Structure**. File n. S7-02-10. Release 34-61358. Washington, 14 Jan. 2010. Disponível em: <https://www.sec.gov/rules/concept/2010/34-61358.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2023.

¹⁴⁷ BM&FBOVESPA SUPERVISÃO DE MERCADOS (BSM). **Rotina de Compartilhamento de Alertas de Layering e Spoofing da BSM**. 2019. Disponível em: <https://www.bsmsupervisao.com.br/assets/file/Rotina-Layering-Spoofing.pdf>. Acesso em: 12 out. 2023.

¹⁴⁸ BM&FBOVESPA SUPERVISÃO DE MERCADOS (BSM). **Rotina de Compartilhamento de Alertas de Layering e Spoofing da BSM**. 2019. Disponível em: <https://www.bsmsupervisao.com.br/assets/file/Rotina-Layering-Spoofing.pdf>. Acesso em: 12 out. 2023.

Figura 9 - Ciclo das práticas abusivas de manipulação de mercado



FONTE: Figura elaborada pela autora

Como se depreende da dinâmica de *spoofing* e *layering*, ambas as práticas se amoldam à conduta vedada no inciso I do artigo 2º da RCVN nº 62 /2022, posto que, ressalvadas as diferenças, pressupõem a criação de condições artificiais de demanda, oferta ou preço com o intuito de criar liquidez putativa.

Na prática, o primeiro caso de *spoofing* julgado no Brasil ocorreu em 13/03/2018.¹⁴⁹ No Relatório anual de 2018 emitido pela CVM, consta a informação sobre a instauração de 4 Termos de Acusação, em que foram apuradas acusações em decorrência da prática de manipulação de preços por meio de ofertas artificiais de negociação (práticas conhecidas como LAYERING e SPOOFING), as quais são vinculadas usualmente aos algoritmos de HFT, segundo a comissão.¹⁵⁰

Até 2020, a CVM teria julgado seis acusações relativas à manipulação de mercado através da prática de *spoofing* e *layering*, sendo que todos os casos resultaram em condenação dos acusados, com aplicação de multas que variaram entre R\$ 450 mil e R\$1.404 mil, como informado no Relatório anual da CVM de 2020.¹⁵¹

Em 02 de outubro de 2023, a CVM julgou o Processo Administrativo Sancionador (PAS) CVM Nº 19957.005801/2019-17, cujo objeto foi a apuração da prática de manipulação de preços através de *spoofing* pelo investidor acusado Carlos Ozawa Junior.¹⁵²

Segundo o relatório do referido julgamento, o acusado teria feito a “inserção de ordens artificiais de compra ou de venda com lotes expressivos de ações, sem o propósito de fechar negócio (*spoofing*), no período compreendido entre 15.01.2016 e 28.11.2016”. Consta ainda que a prática ilícita teria gerado ao acusado um benefício econômico de R\$208.749,00.

No intuito de facilitar a compreensão da dinâmica dos fatos imputados a Carlos Ozawa, a Figura 10 apresenta uma linha do tempo relativa à prática de *spoofing* apurada no pregão de 19/10/2016, com base no voto do Relator Diretor Otto Lobo:¹⁵³

¹⁴⁹ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Administrador de carteira e investidora são punidos pela prática de spoofing.** Rio de Janeiro, 13 mar. 2018. Disponível em <http://www.cvm.gov.br/noticias/arquivos/2018/20180313-2.html>. Acesso em: 12.out. 2023.

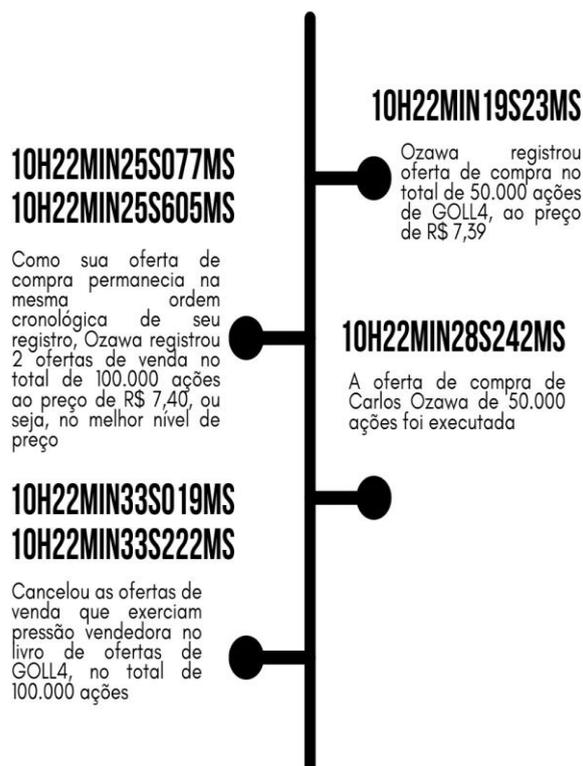
¹⁵⁰ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual.** Rio de Janeiro. 2018. P.26. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2019/Relatorio_Anual_CVM_2018.pdf-1ec9b5ac200440d9bd06adecdc061ecd. Acesso em: 12.out. 2023.

¹⁵¹ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual.** Rio de Janeiro. 2020. P.80. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/relatorio-de-gestao-da-cvm/Relatorio_Gestao_CVM_2020.pdf/view. Acesso em: 12.out. 2023.

¹⁵² COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Processo Administrativo Sancionador Nº 19957.005801/2019-17.** Rel. Dir. Otto Eduardo Fonseca de Albuquerque Lobo. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2023/20231002_PAS_CVM_19957_005801_2019_17_relatorio_diretor_otto_lobo.pdf. Acesso em: 02 nov.2023.

¹⁵³ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Processo Administrativo Sancionador Nº 19957.005801/2019-17.** Rel. Dir. Otto Eduardo Fonseca de Albuquerque Lobo. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2023/20231002_PAS_CVM_19957_005801_2019_17_relatorio_diretor_otto_lobo.pdf. Acesso em: 02 nov.2023.

Figura 10 - Cronologia do Caso Carlos Ozawa



FONTE: Figura elaborada pela autora

Alguns pontos merecem especial atenção na prática perpetrada pelo investidor acusado. O primeiro diz respeito ao registro de duas ofertas de venda, perfazendo o total de 100.000 (cem mil) ações, no valor de R\$ 7,40, logo, melhor preço, apenas 06 (seis) segundos após o registro inicial das ofertas de compra.

Como argumentado no capítulo anterior, o livro de ofertas funciona como uma espécie de fila, em que as ofertas são organizadas segundo dois critérios: ordem de chegada e melhor preço. Com isso, ao notar que permanecia na mesma posição após sua oferta de compra, Ozawa, rapidamente, registrou as ofertas de venda em grande volume e a melhor preço, o que culminou em pressão vendedora que coagiu outro participante a registrar oferta de venda com melhor preço, favorecendo a execução da oferta de compra de 50.000 ações feita pelo acusado.

Apenas 05 (cinco) segundos depois da execução de sua oferta de compra, Ozawa cancelou a oferta de venda das 100.000 ações. Com efeito, da dinâmica apresentada se extrai o nítido propósito do acusado de manipular o mercado através de ofertas artificiais, que apenas

visavam gerar pressões em outros participantes, já que o investidor nunca pretendeu concretizar as operações.

O segundo ponto de atenção reside na velocidade com que as manobras do acusado foram feitas na dinâmica em comento. Insta destacar que entre o movimento de registro de oferta de compra, registro de oferta de venda e cancelamento das ofertas de venda transcorreram apenas 14 (quatorze) segundos, o que é um forte indício de que o investidor estaria usando de algoritmo de negociação de alta frequência.

O relator do processo administrativo em testilha entendeu pela “condenação do Acusado à penalidade de multa pecuniária no valor de R\$ 823.189,44 (oitocentos e vinte e três mil, cento e oitenta e nove reais e quarenta e quatro centavos), pelo descumprimento ao item I c/c item II, “b”, da ICVM nº 08/1979.”¹⁵⁴

Frisa-se que a fundamentação da condenação se deu em observância à ICVM nº 08/1979 por ser este o diploma legal vigente à época da prática ilícita, contudo, diante da continuidade normativa apresentada na RCVM nº 62 /2022, atualmente em vigor, as condutas apuradas também se enquadrariam como práticas de manipulação de mercado, conforme disposto no artigo 2º, incisos I e II, do referido diploma legal.

4.2 Algumas conclusões sobre HFT

Diante do exposto, mormente a partir da análise do caso concreto supra, algumas conclusões podem ser estruturadas em relação às negociações de alta frequência:

- (i) O conceito de HFT comporta pluralidade dimensional, podendo ser compreendido enquanto sujeito; algoritmo; estratégia e ferramenta cumulativamente;
- (ii) Diante da complexidade e do aspecto multifacetado das negociações de alta frequência, entende-se que a definição da figura HFT seja feita através da complementariedade dos critérios quantitativos e estruturais, além de associados às dimensões abordadas supra;
- (iii) O algoritmo HFT, também denominado como robô de investimento ou de ordem, é um modelo matemático de *machine learning*, com capacidade de processamento de alto volume de dados em grande velocidade, e atua na tomada de decisão no mercado de valores mobiliários, em regra, sem supervisão humana;

¹⁵⁴ COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Processo Administrativo Sancionador Nº 19957.005801/2019-17**. Rel. Dir. Otto Eduardo Fonseca de Albuquerque Lobo. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2023/20231002_PAS_CVM_19957_005801_2019_17_relatorio_diretor_otto_lobo.pdf. Acesso em: 02 nov.2023.

(iv) Como vantagens atribuídas às negociações de alta frequência tem-se a disseminação ampla das informações de mercado; o aumento de liquidez; a redução dos custos operacionais e a redução da latência, além de a possibilidade da tomada de decisão acurada e em velocidade superior à capacidade humana;

(v) Como desvantagens imputadas à figura HFT encontram-se: a possível criação de liquidez aparente que pode prejudicar o processo de formação de preços; o aumento da volatilidade do mercado em razão dos movimentos abruptos dos sistemas algorítmicos; o risco à equidade e à garantia de transparência do mercado em razão das práticas de manipulação de mercado usualmente perpetradas por *high frequent traders* (HFTs);

(vi) A despeito das tentativas dos agentes reguladores de coibir práticas abusivas nas negociações de alta frequência através de supervisão e aplicação de penalidades posteriores à infração, verifica-se uma ineficiência na atuação destes em relação à prevenção de danos correlatos à atividade.

5 REGULAÇÃO DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS

O exponencial avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas, mormente em relação ao uso da inteligência artificial, atingiu praticamente todos os segmentos da vida pós-moderna. Nesta seara, o desenvolvimento de algoritmos de *machine learning* altamente sofisticados foi catalisado pelo interesse, principalmente das sociedades empresárias, em utilizá-los na tomada de decisões acuradas, mais lucrativas, velozes e menos arriscadas.

Por certo, o mercado financeiro e, especialmente, o acirrado mercado de valores mobiliários, não teria como ficar imune à chegada da inteligência artificial como diferencial competitivo no contexto da economia movida a dados (*data-driven economy*). Neste cenário, a negociação algorítmica de alta frequência (*high frequency trading – HFT*), concretizada através de algoritmos sofisticados, também conhecidos como robôs de investimento, ganha destaque pela promessa de incremento em velocidade e capacidade informacional nas operações realizadas no mercado secundário.

A presente pesquisa voltou-se à análise do encontro entre inteligência artificial e o mercado de valores mobiliários, através de algoritmos e pela ótica jurídica, mormente no que permeia à regulação do uso da tecnologia. Por se tratarem de temas intrinsecamente complexos e transdisciplinares – a inteligência artificial demanda conhecimento de áreas como ciência da computação e de dados, enquanto o mercado financeiro impõe o domínio de noções de economia – surge a necessidade de que a análise da regulação do uso de IA no mercado de valores mobiliários seja feita de forma escalonada, como se propõe nas seções seguintes.

5.1 Regulação da Inteligência Artificial no Brasil

O primeiro ponto de reflexão diz respeito à regulação da inteligência artificial no Brasil atualmente. Diante do contexto de avanço da IA de forma generalizada e global e, tendo em vista que a maior parte dos países desenvolvidos já consolidavam textos legais regulando a tecnologia, em 2020, o legislativo brasileiro sinalizou a pretensão da construção de um marco legal para a IA.

Trata-se do Projeto de Lei (PL) nº 21 de 2020,¹⁵⁵ que até o presente momento continua em tramitação no Congresso Nacional. Apesar de superar a resistência daqueles que se

¹⁵⁵ BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei n. 21 de 2020**. Estabelece fundamentos, princípios e diretrizes para o desenvolvimento e a aplicação da inteligência artificial no Brasil; e dá outras providências.

posicionavam contra a regulação tecnológica sob o argumento de que um marco legal prejudicaria o avanço tecnológico e consequente desenvolvimento econômico, o referido projeto, ainda assim, não teve melhor recepção por aqueles que se mostravam favoráveis à iniciativa.

Nesse sentido, insta salientar que o PL 21/2020, em sua redação final, apresenta 10 (dez) artigos, nos quais são apresentadas diretrizes de aplicação genérica para a utilização de sistemas de IA. Em razão da aparente superficialidade com que um tema tão complexo quanto a IA foi tratado pelo projeto de lei, muitas críticas foram tecidas à iniciativa.

Nesse sentido, Felipe Medon sustenta sobre a adoção prioritária e de forma abstrata do modelo de responsabilidade civil subjetiva expressa no artigo 6º, inciso VI,¹⁵⁶ do PL nº 21/2020:

Como se verá, o erro crasso e irremediável da norma proposta está na priorização abstrata do regime de responsabilidade civil de natureza subjetiva para os danos causados por agentes que atuam na cadeia de desenvolvimento e operação de sistemas de Inteligência Artificial. Os parâmetros para avaliar o elemento subjetivo, isto é, a culpa de tais agentes, seriam, segundo a norma, (i) a efetiva participação desses agentes; (ii) os danos específicos que se deseja evitar ou remediar; e (iii) como esses agentes podem demonstrar adequação às normas aplicáveis por meio de esforços razoáveis compatíveis com padrões internacionais e melhores práticas de mercado.¹⁵⁷

O primeiro embasamento da crítica de Medon está vinculado à falta de tecnicidade na especificação de quem seriam os sujeitos passíveis de serem responsabilizados por eventuais danos causados pelos algoritmos de IA. Nota-se que, segundo o texto legal, a imputação da responsabilidade civil se dará através da aferição de efetiva participação dos agentes que atuam na cadeia de desenvolvimento e operação de sistemas de IA.

Disponível em https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9023442&ts=1698248940209&disposition=inline&_gl=1*zgplv*_ga*MTY1NTEyODE3OC4xNjYwNTgzNTU5*_ga_CW3ZH25XMK*MTY5ODk2MDE3NC41LjAuMTY5ODk2MDE3NC4wLjAuMA. Acesso em: 13 dez. 2023.

¹⁵⁶ Prevê o artigo 6º, inciso VI: “responsabilidade: as normas sobre responsabilidade dos agentes que atuam na cadeia de desenvolvimento e operação de sistemas de inteligência artificial deverão, salvo disposição legal em contrário, pautar-se na responsabilidade subjetiva e levar em consideração a efetiva participação desses agentes, os danos específicos que se deseja evitar ou remediar e a forma como esses agentes podem demonstrar adequação às normas aplicáveis, por meio de esforços razoáveis compatíveis com os padrões internacionais e as melhores práticas de mercado.” (BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei n. 21 de 2020**. Estabelece fundamentos, princípios e diretrizes para o desenvolvimento e a aplicação da inteligência artificial no Brasil; e dá outras providências. Disponível em https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9023442&ts=1698248940209&disposition=inline&_gl=1*zgplv*_ga*MTY1NTEyODE3OC4xNjYwNTgzNTU5*_ga_CW3ZH25XMK*MTY5ODk2MDE3NC41LjAuMTY5ODk2MDE3NC4wLjAuMA. Acesso em: 13 dez. 2023).

¹⁵⁷ MEDON, Filipe. **Danos causados por inteligência artificial e a reparação integral posta à prova: por que o Substitutivo ao PL 21 de 2020 deve ser alterado urgentemente?** Migalhas. 2021. Disponível em <https://www.migalhas.com.br/coluna/migalhas-de-responsabilidade-civil/351200/danos-causados-por-inteligencia-artificial-e-a-reparacao-posta-a-prova>. Acesso em: 21 dez. 2023.

Contudo, observa-se a existência de entraves à efetiva reparação de danos em decorrência da redação em questão. Isto porque, para que haja responsabilização, em razão da adoção em abstrato do modelo subjetivo, deverá existir verificação de culpa na produção do resultado danoso, o que, por si só, já é tarefa árdua no contexto da opacidade e alta complexidade dos sistemas de IA.

Não obstante, a denominação genérica “agentes” não viabiliza a identificação da participação de cada sujeito que integra a cadeia tecnológica. Sem identificar a participação individualizada de operadores, desenvolvedores e programadores, portanto, não há como se falar em imputação de responsabilidade.

Ademais, o PL nº 21/2020 também se mostra pouco eficaz ao propor uma regulação pautada em gestão de riscos, mas sem criar qualquer parâmetro de categorização destes e ao dispor como diretriz a prevenção de danos, sem, contudo, especificar quais seriam estes, esvaziando a pretensão regulatória de evitá-los.¹⁵⁸

Em razão das fundadas críticas feitas ao PL nº 21/2020, foi formada, no início de 2022, a Comissão de Juristas responsável por subsidiar a elaboração de projeto de lei substitutivo sobre inteligência artificial no Brasil (CJSUBIA).¹⁵⁹

Em 06 de dezembro de 2022, a CJSUBIA publicou o relatório final para instruir a apreciação conjunta dos Projetos de Lei nº 5.051, de 2019, 21, de 2020, e 872, de 2021.¹⁶⁰ Cumprindo o propósito de sua instituição, qual seja, a correção das atecnias e superficialidades contidas nos textos dos projetos de lei apreciados, a comissão traz no artigo 4º do referido relatório uma gama de conceitos técnicos e aprofundados relacionados à inteligência artificial.

Nesse sentido, destaca-se a preocupação dos juristas em distinguir os sujeitos participantes da cadeia tecnológica. No relatório do anteprojeto, os agentes de inteligência artificial são trazidos no inciso IV do art. 4º como fornecedores e operadores de sistemas de inteligência artificial. Estes, por sua vez, são definidos nos incisos II e III do mesmo artigo da seguinte maneira:¹⁶¹

¹⁵⁸ PIMENTA, Eduardo Goulart. CRUZ, Thays Murta dos Santos. Precaução e inovação: uma análise da regulação de riscos no uso da inteligência artificial. *Revista de Direito Empresarial - RDemp.* ano 20, n. 1. Belo Horizonte, 2023, p. 163. Disponível em: <https://www.forumconhecimento.com.br/v2/revista/P132>. Acesso em: 20 jul. 2023.

¹⁵⁹ A Comissão de Juristas responsável por subsidiar a elaboração do substitutivo sobre inteligência artificial no Brasil foi criada através do Ato do Presidente do Senado Federal (ATS) nº 4 de 2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/comissao?codcol=2504>.

¹⁶⁰ CJSUBIA. **Relatório final.** Brasília. 2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024.

¹⁶¹ CJSUBIA. **Relatório final.** Brasília. 2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024.

II – fornecedor de sistema de inteligência artificial: pessoa natural ou jurídica, de natureza pública ou privada, que desenvolva um sistema de inteligência artificial, diretamente ou por encomenda, com vistas à sua colocação no mercado ou à sua aplicação em serviço por ela fornecido, sob seu próprio nome ou marca, a título oneroso ou gratuito;

III – operador de sistema de inteligência artificial: pessoa natural ou jurídica, de natureza pública ou privada, que empregue ou utilize, em seu nome ou benefício, sistema de inteligência artificial, salvo se o referido sistema for utilizado no âmbito de uma atividade pessoal de caráter não profissional.

Com efeito, o fornecedor participa da cadeia de IA como desenvolvedor do sistema, enquanto o operador seria atrelado à utilização da tecnologia, desde que em caráter profissional. A distinção entre as participações de cada sujeito, ao menos *a priori*, supre a falha trazida pelo PL nº 21/2020, pois permite a verificação das condutas efetivamente praticadas por cada sujeito e, por consequência, torna viável a imputação de responsabilidade por eventuais danos causados na utilização do sistema de IA.

Em se tratando de diretrizes de responsabilidade civil, o relatório da comissão traz expressamente a opção pela reparação integral de danos, independentemente do grau de autonomia apresentado pelo sistema tecnológico.¹⁶²

Além disso, o anteprojeto corrige a grave falha da adoção abstrata do regime subjetivo de responsabilização e, valendo-se de ampla inspiração na regulação desenvolvida pela Comissão Europeia em 2021, denominada *Laying Down Harmonised Rules On Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act) And Amending Certain Union Legislative Acts*¹⁶³, em que foi criada uma hierarquia de riscos que podem ser oferecidos por sistemas de IA, contempla o relatório final da CJSUBIA também uma parametrização de graus de riscos como referencial para atribuição de responsabilidade.

Reinaldo Filho¹⁶⁴ faz uma interessante análise da parametrização de graus de riscos desenvolvida pela Comissão Europeia:

Segundo essa visão regulatória baseada nos riscos (*risk-based regulatory approach*), as restrições e exigências aumentam conforme maiores sejam os riscos que os sistemas de IA possam oferecer a direitos e garantias fundamentais dos indivíduos. Os níveis de regulação são diferentes de acordo com os riscos, variam conforme os riscos que os sistemas de IA possam apresentar a valores da sociedade e direitos das

¹⁶² CJSUBIA. **Relatório final**. Brasília. 2022. p. 14. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024.

¹⁶³ EUROPEAN COMMISSION. **Laying Down Harmonised Rules On Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act) And Amending Certain Union Legislative Acts**. 2021. Disponível em <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence>. Acesso em 07.nov.2022.

¹⁶⁴ REINALDO FILHO, Demócrito. A proposta regulatória da União Europeia para a inteligência artificial (3ª. parte) – Sistemas de alto risco. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 26, n. 6.563, 20 jun. 2021. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/91363>. Acesso em: 12 dez. 2022.

pessoas. Nessa acepção, o regulamento classifica os sistemas de IA em três diferentes patamares de risco: os de "risco inaceitável" (*unacceptable risk*), os de "risco elevado" (*high-risk*) e os de "risco limitado" (*limited risk*) ou de "risco mínimo" (*minimal risk*). O desenvolvimento e utilização de sistemas que apresentem "risco inaceitável" são completamente vedados, em razão do elevado potencial de vulneração de direitos fundamentais.

Em síntese, a proposta europeia sustenta o aumento do rigor regulatório de forma proporcional ao risco apresentado pelo sistema de IA. No mesmo sentido entendeu a CJSUBIA, que destinou o Capítulo III do relatório à categorização de riscos.

No Relatório final em comento, a classificação dos sistemas de IA conforme o risco apresentado foi feita entre sistemas de IA: de risco excessivo (art.14), de uso proibido; de alto risco (expressos no rol do art.17, que é não taxativo e passível de atualização pela autoridade competente) e risco comum, sendo esta a categoria residual.

Com efeito, se determinado sistema foi classificado como de risco excessivo ou alto risco, impõe o artigo 27, §1º, do Relatório final que fornecedor e operador responderão objetivamente, na medida de sua participação, pelos danos eventualmente causados na utilização da IA, independentemente do grau de autonomia do algoritmo. Ainda, o §2º do mesmo artigo estabelece que "quando não se tratar de sistema de inteligência artificial de alto risco, a culpa do agente causador do dano será presumida, aplicando-se a inversão do ônus da prova em favor da vítima".¹⁶⁵

Nota-se, portanto, uma mudança de paradigma importante quando comparada a redação do PL nº 21/2020 àquela proposta pela CJSUBIA em seu relatório de 2022. A responsabilidade outrora subjetiva, passa a ser objetiva quando o sistema de IA, já classificado como de risco excessivo ou alto, causar danos.

Ademais, o relatório da comissão ainda demonstra a preocupação com as medidas de governança, estipulando o dever de mitigação de riscos através de medidas de prevenção e precaução.

O Relatório final da CJSUBIA, até o presente momento, não foi apreciado, mas embasou a redação do Projeto de Lei nº 2.338, de 2023,¹⁶⁶ que se encontra em tramitação bicameral e, desde 20 de setembro de 2023, está aguardando a realização de audiência pública.

Conquanto o Projeto de Lei nº 2.338/2023 tenha apresentado significativos avanços em termos de tecnicidade e profundidade legislativa quando comparado aos demais projetos de lei

¹⁶⁵ CJSUBIA. **Relatório final**. Brasília. 2022. p. 14. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024..

¹⁶⁶ BRASIL. SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei n. 2.338 de 2023**. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 16 dez. 2023.

voltados à regulação da inteligência artificial no Brasil, ainda assim, importantes reflexões precisam ser feitas para que haja a formulação de respostas regulatórias compatíveis com a complexidade, os riscos e os desafios inerentes à regulação das negociações algorítmicas de alta frequência concretizadas no mercado de valores mobiliários.

5.1.1 A categorização dos riscos dos sistemas de IA usados em negociações algorítmicas de alta frequência

O primeiro recorte necessário diz respeito ao enquadramento dos algoritmos de negociação de alta frequência se tomada como base regulatória a proposta de categorização dos sistemas de IA conforme o grau de risco apresentado, como apresentado no Projeto de Lei nº 2.338/2023.

Nesse sentido, o artigo 13 do referido projeto de lei estabelece que todo sistema de inteligência artificial deverá ser submetido à avaliação preliminar de risco, a qual será incumbência do fornecedor e seguirá os critérios previstos no capítulo III do diploma legal.

O artigo 14 do PL nº 2.338/2023 traz um rol de sistemas de IA que serão categorizados como de risco excessivo e, portanto, de uso e implementação vedados. Tratam-se de tecnologias que usem de técnicas para induzir a pessoa natural a se comportar de forma prejudicial ou perigosa à sua saúde ou segurança ou contra os fundamentos legais ou, ainda, que se valham da exploração de vulnerabilidades de grupos específicos de pessoas neste induzimento.

Ademais, o inciso III do referido artigo expressa que serão também consideradas de risco excessivo os sistemas utilizados:

Pelo poder público, para avaliar, classificar ou ranquear as pessoas naturais, com base no seu comportamento social ou em atributos da sua personalidade, por meio de pontuação universal, para o acesso a bens e serviços e políticas públicas, de forma ilegítima ou desproporcional.¹⁶⁷

O artigo 17 do projeto de lei em comento descreve, em seus quatorze incisos, quais seriam aqueles sistemas de IA categorizados como de alto risco, logo, não vedados, mas sujeitos à regulação mais rigorosa, com a imposição do dever de realização de avaliação de impacto algorítmico e a adoção de medidas de governança específicas, como expresso no §4º do artigo

¹⁶⁷ BRASIL. SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei n. 2.338 de 2023**. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 16 dez. 2023.

13. São considerados sistemas de alto risco, conforme rol expresso no art. 17, aqueles destinados às seguintes finalidades:

- I – aplicação como dispositivos de segurança na gestão e no funcionamento de infraestruturas críticas, tais como controle de trânsito e redes de abastecimento de água e de eletricidade;
- II – educação e formação profissional, incluindo sistemas de determinação de acesso a instituições de ensino ou de formação profissional ou para avaliação e monitoramento de estudantes;
- III – recrutamento, triagem, filtragem, avaliação de candidatos, tomada de decisões sobre promoções ou cessações de relações contratuais de trabalho, repartição de tarefas e controle e avaliação do desempenho e do comportamento das pessoas afetadas por tais aplicações de inteligência artificial nas áreas de emprego, gestão de trabalhadores e acesso ao emprego por conta própria;
- IV – avaliação de critérios de acesso, elegibilidade, concessão, revisão, redução ou revogação de serviços privados e públicos que sejam considerados essenciais, incluindo sistemas utilizados para avaliar a elegibilidade de pessoas naturais quanto a prestações de serviços públicos de assistência e de seguridade;
- V – avaliação da capacidade de endividamento das pessoas naturais ou estabelecimento de sua classificação de crédito;
- VI – envio ou estabelecimento de prioridades para serviços de resposta a emergências, incluindo bombeiros e assistência médica;
- VII – administração da justiça, incluindo sistemas que auxiliem autoridades judiciárias na investigação dos fatos e na aplicação da lei;
- VIII – veículos autônomos, quando seu uso puder gerar riscos à integridade física de pessoas;
- IX – aplicações na área da saúde, inclusive as destinadas a auxiliar diagnósticos e procedimentos médicos;
- X – sistemas biométricos de identificação;
- XI – investigação criminal e segurança pública, em especial para avaliações individuais de riscos pelas autoridades competentes, a fim de determinar o risco de uma pessoa cometer infrações ou de reincidir, ou o risco para potenciais vítimas de infrações penais ou para avaliar os traços de personalidade e as características ou o comportamento criminal passado de pessoas singulares ou grupos;
- XII – estudo analítico de crimes relativos a pessoas naturais, permitindo às autoridades policiais pesquisar grandes conjuntos de dados complexos, relacionados ou não relacionados, disponíveis em diferentes fontes de dados ou em diferentes formatos de dados, no intuito de identificar padrões desconhecidos ou descobrir relações escondidas nos dados;
- XIII – investigação por autoridades administrativas para avaliar a credibilidade dos elementos de prova no decurso da investigação ou repressão de infrações, para prever a ocorrência ou a recorrência de uma infração real ou potencial com base na definição de perfis de pessoas singulares; ou
- XIV – gestão da migração e controle de fronteiras.¹⁶⁸

Dessa forma, conclui-se pela inexistência de menção expressa aos algoritmos de negociação, nem tampouco qualquer previsão sequer contemplando os sistemas de IA destinados à tomada de decisão utilizados no mercado de valores mobiliários.

¹⁶⁸ BRASIL. SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei n. 2.338 de 2023**. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 16 dez. 2023.

Contudo, cabe destacar que, logo em seguida, o artigo 18 ressalva expressamente o dever da autoridade competente (a ser instituída) de atualizar a lista sistemas de inteligência artificial de risco excessivo ou de alto risco, identificando novas hipóteses, o que fará segundo qualquer dos critérios a seguir:

- I – a implementação ser em larga escala, levando-se em consideração o número de pessoas afetadas e a extensão geográfica, bem como a sua duração e frequência;
- II – o sistema puder impactar negativamente o exercício de direitos e liberdades ou a utilização de um serviço;
- III – o sistema tiver alto potencial danoso de ordem material ou moral, bem como discriminatório;
- IV – o sistema afetar pessoas de um grupo específico vulnerável;
- V – serem os possíveis resultados prejudiciais do sistema de inteligência artificial irreversíveis ou de difícil reversão;
- VI – um sistema de inteligência artificial similar ter causado anteriormente danos materiais ou morais;
- VII – baixo grau de transparência, explicabilidade e auditabilidade do sistema de inteligência artificial, que dificulte o seu controle ou supervisão;
- VIII – alto nível de identificabilidade dos titulares dos dados, incluindo o tratamento de dados genéticos e biométricos para efeitos de identificação única de uma pessoa singular, especialmente quando o tratamento inclui combinação, correspondência ou comparação de dados de várias fontes;
- IX – quando existirem expectativas razoáveis do afetado quanto ao uso de seus dados pessoais no sistema de inteligência artificial, em especial a expectativa de confidencialidade, como no tratamento de dados sigilosos ou sensíveis.¹⁶⁹

O inciso III contempla a possibilidade de que determinado sistema de IA seja considerado de alto risco caso apresente alto potencial danoso de ordem material. Apesar da abstração existente em relação ao que definiria um potencial danoso como alto ou baixo, há que se ponderar sobre a possibilidade de ocorrência de riscos sistêmicos e operacionais nas negociações algorítmicas de alto risco.

Riscos sistêmicos dizem respeito à possível crise capaz de afetar de maneira amplamente subjetiva instituições financeiras, culminando em impactos negativos importantes ao funcionamento do mercado financeiro e de seus agentes. A título ilustrativo, Isac Costa menciona o episódio do *Flash Crash* como exemplo de ocorrência de prejuízo sistêmico ao mercado.¹⁷⁰

¹⁶⁹ BRASIL. SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei n. 2.338 de 2023**. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 16 dez. 2023.

¹⁷⁰ COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta**: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p.262.

O *Flash Crash*, episódio marcado pela quebra multimilionária nas bolsas de valores norte-americanas, aconteceu em 2010 e serviu de embasamento para o famoso livro de Michael Lewis, *Flash Boys: Revolta em Wall-street*.¹⁷¹

Em apertada síntese, no dia 06 de maio de 2010, em cerca de trinta e seis minutos, o mercado financeiro norte-americano sofreu uma variação abrupta no valor dos ativos¹⁷², narrada nos seguintes termos por Isac Costa:

Entre 2:32 PM e 2:45 PM (*Eastern Standard Time - EST*), o mercado experimentou desvalorização de cerca de 10%, o que corresponde a uma descapitalização agregada de quase USD 1 trilhão ao longo daquele dia, particularmente com a “evaporação” de USD 500 bilhões em menos de cinco minutos.¹⁷³

Conquanto os mecanismos de controle de volatilidade das bolsas tenham sido relativamente eficientes na ocasião, o que permitiu o fechamento do pregão com os valores das ações em patamares praticamente idênticos aos anteriores à mudança abrupta ocorrida, ainda assim, o fato de a variação dos valores dos ativos ter se dado com enorme velocidade despertou a suspeita de que a causa pudesse estar relacionada ao uso de algoritmos de negociação de alta frequência, o que culminou em uma apuração formal dos fatos por autoridades norte-americanas.

Em fevereiro de 2014, a Comissão de Negociação de Futuros de Commodities (Commodity Futures Trading Commission - CFTC), juntamente à SEC, publicou o relatório intitulado “*Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010*”¹⁷⁴, que concluiu que o *Flash Crash* não teve como causa precípua o uso de algoritmos de negociação de alta frequência, mas, apesar disso, os HFT’s teriam contribuído para a crise ao acelerarem o movimento de formação de preços através das decisões automatizadas.¹⁷⁵

¹⁷¹ LEWIS, Michael. **Flash boys: revolta em Wall Street**. Rio de Janeiro: Editora Intrinseca, 2014.

¹⁷² KIRILENKO, Andrei; KYLE, Albert S.; SAMADI, Mehrdad; TUZUN, Tugkan. **The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market**. 2014. Disponível em: https://www.cftc.gov/sites/default/files/idc/groups/public/@economicanalysis/documents/file/oce_flashcrash0314.pdf. Acesso em: 10.nov. 2023.

¹⁷³ COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular**. São Paulo: Almedina, 2020. p.30.

¹⁷⁴ COMMODITY FUTURES TRADING COMMISSION. **Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010**. 2014. Disponível em: <https://www.sec.gov/reportspubs/special-studies/newsstudies2010marketevents-reportpdf>. Acesso em: 10 nov.2023.

¹⁷⁵ Nesse sentido: “In this paper, we show that HFTs did not cause the Flash Crash, but accelerated a price movement due to a large order imbalance caused by an automated execution program to sell E-mini S&P 500 futures contracts. We also show that HFTs contributed to the Flash Crash by engaging in their typical immediacy-absorption practice of aggressively removing the last few contracts at the best bid or ask levels and then establishing new best bids and asks at adjacent price levels.” (KIRILENKO, Andrei; KYLE, Albert S.; SAMADI, Mehrdad; TUZUN, Tugkan. **The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market**. 2014. p. 26. Disponível em:

Dessa forma, ainda que não seja possível atribuir aos HFT's *status* de causadores do episódio do *Flash Crash*, a constatação da contribuição dos sistemas algorítmicos na ocorrência da crise torna incontestável o elevado potencial tecnológico de acarretar danos materiais.

Com isso, tendo em vista o episódio do *Flash Crash*, a categorização dos sistemas algorítmicos de negociação de alta frequência como de alto risco já poderia se embasar nas hipóteses descritas nos incisos III e VI do artigo do projeto de lei em comento.

Nada obstante, o potencial danoso dos HFT's também se confirma em razão do chamado risco operacional, logo, aqueles decorrentes de erros humanos ou sistemas de informação. A este respeito, Isac Costa¹⁷⁶ suscita a reflexão sobre a possibilidade de algoritmos errarem:

Ao transpor para um algoritmo a lógica de execução de ofertas e de tomada de decisão, espera-se eliminar o risco de ocorrência de erros humanos. No entanto, poderão ocorrer problemas na execução do próprio algoritmo ou, então, poderão ser observados resultados inesperados, em virtude de erros no projeto ou na criação do código do programa a ser executado ou da impossibilidade de antecipação exaustiva desses erros, dada a complexidade de certos algoritmos (o que não difere muito da dificuldade enfrentada ao se elaborar uma norma para antever todos os efeitos de sua aplicação - um código de um programa talvez não seja tão diferente de um código jurídico).

Ao sistema que deixa de cumprir o propósito definido em seu desenvolvimento e aprendizagem, dá-se o nome de *rogue alghoritm* ou, em português, algoritmos errantes. Em estudo realizado pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), os algoritmos errantes constaram como um dos temas de maior recorrência no ano de 2021, e a supervisão humana como medida de segurança necessária à prevenção de danos na automatização do processo decisório.¹⁷⁷

Como abordado no capítulo anterior, algoritmos de negociação de alta frequência são caracterizados por atuarem sem ou praticamente sem qualquer intervenção humana. Logo, como a atuação destes é predominantemente autônoma, é possível se concluir que haverá maior dificuldade no processo de supervisão humana e, por consequência, maiores chances de que danos sejam ocasionados pela tecnologia ou através dela.

https://www.cftc.gov/sites/default/files/idc/groups/public/@economicanalysis/documents/file/oce_flashcrash0314.pdf. Acesso em: 10.nov. 2023.

¹⁷⁶ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p. 268.

¹⁷⁷ CAPPRA, Ricardo. As habilidades para sobreviver em um futuro inundado por dados. **MIT Technology Review** **Brasil**. 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/As%20habilidades%20para%20sobreviver%20em%20um%20futuro%20inundado%20por%20dados.pdf>. Acesso em: 16.nov.2023.

Com efeito, a hipótese contemplada no inciso VII do artigo em comento também se mostra aplicável aos HFT's, já que a tecnologia apresenta baixo grau de transparência, explicabilidade e auditabilidade do sistema de inteligência artificial, que dificulte o seu controle ou supervisão

Pelo exposto, argumenta-se pela plausibilidade da classificação dos algoritmos de negociação de alta frequência como sistemas de alto risco, conforme os parâmetros sugeridos no relatório da CJSUBIA e formalizados no PL nº 2.338/2023.

Aos sistemas de alto risco, impõe-se o regime de responsabilidade civil objetiva, recaindo sobre o fornecedor ou operador da tecnologia o dever de arcar com os danos eventualmente causados, na medida de sua participação e independente da existência de culpa, nos termos do artigo 27, parágrafo 1º, do PL nº 2.338/2023.

Não obstante, apesar da relevância da atribuição do modelo objetivo de responsabilização por danos causados por sistemas de inteligência artificial de alto risco, ainda assim, há que se ponderar sobre a insuficiência e, por vezes, pouca eficiência, da reparação após a efetiva consumação de prejuízos, mormente no que tange à gravidade dos impactos que podem ser causados no uso de algoritmos.

Portanto, sustenta-se a relevância da priorização do desenvolvimento de mecanismos de prevenção de danos em contraposição ao enrijecimento da responsabilização civil em sua função reparatória.

Nesse sentido, cumpre destacar que, a despeito da previsão no projeto de lei, em seu artigo 20, de medidas de governança a serem aplicadas aos sistemas de alto risco, estas mostram-se demasiadamente genéricas para serem aplicadas ao contexto da regulação de HFT's.

Além da pouca aplicabilidade em razão do caráter geral, há que ressaltar também que a imposição de tais estipulações de governança ainda se mostra improfícua em cenário de responsabilidade civil objetiva, em que, fornecedores e operadores serão responsabilizados por prejuízos causados, independente da configuração prévia de culpa e a despeito de terem se mostrado diligentes em relação à tomada de medidas de prevenção de danos.

Por estas razões, propõe-se que a regulação da atividade dos algoritmos de negociação de alta frequência, ainda que reconhecidos como de sistemas de alto risco, seja voltada ao viés prudencial, mormente através de princípios gerais no diploma destinado à legislação da inteligência artificial de modo geral, e que o tema da responsabilidade civil seja abordado priorizando a multifuncionalidade do instituto.

5.1.2 *Regulação precaucional da inteligência artificial*

O desenvolvimento de um marco legal da IA que contemple princípios se apresenta como uma camada importante da estrutura de um ambiente regulatório eficaz. Fala-se em camadas porque não se pretende aqui sustentar que a mera instituição de princípios éticos seria suficiente para cobrir a necessidade regulatória da tecnologia.

Nesse sentido, salienta-se a observação feita por Marcela Mattiuzzo acerca da relevância dos princípios éticos enquanto formadores de parâmetros mínimos para a criação e utilização de sistemas algorítmicos.¹⁷⁸

Refletindo o entendimento majoritário dos juristas da CJSUBIA, o PL nº 2338 de 2023 abarcou em seu artigo 3º um rol de princípios voltados ao desenvolvimento, implementação e uso dos sistemas de IA, dentre os quais figuram como princípios éticos: transparência, explicabilidade, inteligibilidade, auditabilidade; prevenção, precaução e mitigação de riscos sistêmicos derivados de usos intencionais ou não intencionais e de efeitos não previstos de sistemas de inteligência artificial

Sem olvidar a relevância de todos os princípios supramencionados, se faz necessário o recorte para que sejam analisados os princípios voltados à prevenção e precaução, uma vez que estão diretamente relacionados à perspectiva prudencial que está sendo proposta.

5.1.2.1 *Aspectos gerais do princípio da precaução*

Conquanto os princípios da prevenção e da precaução, usualmente, sejam tratados como sinônimos, se faz necessária a distinção entre os conceitos para uma análise técnico-jurídica adequada. Nesse sentido sustenta Alexandra Aragão:¹⁷⁹

Embora os princípios da prevenção e da precaução sejam ambas manifestações modernas de uma ideia antiga – de defesa da prudência ambiental e da sustentabilidade, presente, desde sempre, nas grandes culturas e civilizações antigas –, eles distinguem-se, tanto pelas condições de aplicação, como pela natureza das medidas evitatórias que promovem. Entendemos, por isso, que não faz sentido defender o alargamento do princípio de prevenção, a ponto de consumir o princípio da precaução.

¹⁷⁸ CJSUBIA. **Relatório final**. Brasília. 2022. p. 101. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024.

¹⁷⁹ ARAGÃO, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. **Revista CEDOUA**, Coimbra, n. 2, p. 9-57, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269603897_Princípio_da_precaução_manual_de_instruções. Acesso em: 21 nov. 2023.

Em defesa também da diferenciação entre os princípios supramencionados, João Cláudio Faria Machado¹⁸⁰ argumenta sobre a prevenção:

Importante princípio que rege as questões que envolvem o ambiente em seu amplo espectro, a prevenção busca resguardar por todas as vias cabíveis e lastreadas no conhecimento científico as possibilidades que envolvem a ação ou pretensão de efetivação de determinados feitos sob viés da repercussão ambiental, analisando toda e qualquer influência, no intuito de ponderar a respeito do resultado obtido e concluir pelo que melhor convir, inclusive exigindo, quando necessário, medidas assecuratórias para evitar ocorrências não desejadas, sempre no sentido de preservar a qualidade ambiental.

A diferença essencial entre prevenção e precaução reside no grau de conhecimento científico existente em relação aos riscos de uma atividade. Com isso, enquanto o princípio da prevenção pressupõe o conhecimento prévio dos perigos inerentes à prática de determinada conduta, o princípio da precaução, por sua vez, tem aplicabilidade justamente quando não existe conhecimento científico suficiente sobre os riscos correlatos à determinada atividade, mas, em razão da possibilidade de ocorrência de grave consequência pela prática desta, impõe-se, portanto, a atuação precaucional.

Dessa forma, frisa-se que precaução viabiliza a regulação quando os mecanismos tradicionais e a prevenção mostram-se insuficientes ante as incertezas que pairam sobre o objeto em regulação. Neste sentido, os ensinamentos de Bruno Ricardo Bioni e Maria Luciano:¹⁸¹

Ademais, as incertezas e limitações do conhecimento científico acabam dificultando esse tipo de abordagem, impondo novos desafios a práticas regulatórias. O conceito de “incerteza” é mais complexo do que aparenta. Para além da falta de dados ou inadequação de modelos de avaliação de risco, ele também abarca a “indeterminação” (quando não se conhece todas as relações causais), a “ambiguidade” e a “ignorância” (unknow unknowns) (Science for Environment Policy, 2017). Os métodos tradicionais de regulação de risco (risk assessment, risk management e análises de custo-benefício), que pressupõem algum conhecimento e estimativas de probabilidade na antecipação de riscos, parecem não dar conta do desconhecido.

Se por um lado não restam dúvidas em relação às hipóteses de aplicação da prevenção e da precaução, por outro, no que permeia ao aspecto conceitual, mister ressaltar a inexistência

¹⁸⁰ MACHADO, João Claudio Faria. Princípio da precaução fundamentado na filosofia de Hans Jonas. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, v. 13, n. 24, p. 9-23, 2013. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/csaemrevista/article/view/8879>. Acesso em: 17 nov. 2023.

¹⁸¹ BIONI, Bruno Ricardo. LUCIANO, Maria. O princípio da precaução na regulação de inteligência artificial: seriam as leis de proteção de dados o seu portal de entrada? *In*: FRAZÃO, Ana; MULHOLLAND, Caitlin (Org.). **Inteligência artificial e Direito: ética, regulação e responsabilidade**. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019, p.3.

de uma definição única e de aceitação unânime do princípio da precaução até o presente momento.¹⁸²

Contudo, repisa-se, a ausência de um conceito unívoco do princípio da precaução não comprometeu sua aplicação em contextos em que se verificou o perigo de dano grave ou irreversível somado à incerteza jurídica.

O marco inicial da aplicação do princípio da precaução também é objeto de discussão. Alguns doutrinadores sustentam que a primeira manifestação precaucional se deu na década de 60, na Suécia, quando incorporada em sua Lei de Proteção Ambiental, editada em 1969,¹⁸³ enquanto outra corrente defende o surgimento do princípio na Alemanha da década de 1970.¹⁸⁴

Na década seguinte, consolidou-se a aceitação das medidas precaucionais, *a priori*, no âmbito do direito ambiental. Em 1983, foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD, a qual foi presidida pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. A comissão produziu em 1987, um documento intitulado “*Our Common Future*” (“Nosso Futuro Comum” em tradução livre), no qual foram definidas metas e soluções para a estruturação de um desenvolvimento sustentável, sendo o princípio da precaução um dos pilares apontados em prol deste objetivo.¹⁸⁵

Em 1992, na Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 (Rio 92), o princípio da precaução foi trazido expressamente no princípio 15:

Com a finalidade de proteger o meio ambiente, os Estados deverão aplicar amplamente o critério de precaução conforme suas capacidades. Quando houver perigo de dano grave ou irreversível, a falta de certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para que seja adiada a adoção de medidas eficazes em função dos custos para impedir a degradação ambiental.¹⁸⁶

¹⁸² BIONI, Bruno Ricardo. LUCIANO, Maria. O princípio da precaução na regulação de inteligência artificial: seriam as leis de proteção de dados o seu portal de entrada? In: FRAZÃO, Ana; MULHOLLAND, Caitlin (Org.). **Inteligência artificial e Direito: ética, regulação e responsabilidade**. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019.

¹⁸³ DIONÍSIO, P. D. H. Princípio da precaução e contradições na regulação do risco: uma análise comparada entre Estados Unidos e Europa. **Regulação 4.0**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 31, jan./2019. Edição do Kindle. p. 31%. In

¹⁸⁴ BERGUER FILHO, Airton Guilherme. **Regulação e Governança dos Riscos das Nanotecnologias**. 1. ed. Belo Horizonte: Arraes, 2018. p. 76.

¹⁸⁵ PIMENTA, Eduardo Goulart. CRUZ, Thays Murta dos Santos. Precaução e inovação: uma análise da regulação de riscos no uso da inteligência artificial. **Revista de Direito Empresarial - RDemp**, ano 20, n. 1. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://www.forumconhecimento.com.br/v2/revista/P132>. Acesso em: 20 jul. 2023.

¹⁸⁶ CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Declaração do Rio Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. jun. 1992. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/declaracao_rio_ma.pdf. Acesso em: 16 dez. 2023.

Para além do direito ambiental, o princípio da precaução também passa a ser aplicável ao contexto de danos à saúde humana a partir do texto da declaração de Wingspread de 1998.¹⁸⁷

Mais recentemente, nos anos 2020 a 2022, a população mundial foi assolada com a pandemia do Covid-19, ocasião em que a aplicação do princípio da precaução se concretizou, mormente em relação às medidas de distanciamento social impostas no fito de evitar o alastramento do vírus.¹⁸⁸

Nesse sentido, cumpre destacar que, no contexto pandêmico, os riscos à saúde da população mostraram-se extremamente prováveis, mas, por outro lado, a dificuldade na determinação destes e, especialmente, a verificação do nexos causal entre sua ocorrência e a adoção de medidas de contenção do alastramento da epidemia, tornou-se uma incerteza, havendo, portanto, o preenchimento dos pressupostos para a aplicação do princípio da precaução.

Dessa forma, evidencia-se que o princípio da precaução não possui uma definição unívoca, sendo sua manifestação vinculada a hipóteses em que se verifica a existência dos pressupostos dos riscos de danos graves ou irreversíveis e da incerteza jurídica.

Sobre os danos ocasionados por determinada atividade, Chiavoni¹⁸⁹ propõe uma subdivisão entre uma perspectiva objetiva e outra subjetiva da gravidade destes. Sob a ótica objetiva, o autor sustenta a análise dos critérios a seguir:

- a) Irreversibilidade: O estatuto mais forte para aplicação do princípio da precaução, é justificado quando um dano não pode ser revertido.
- b) Alargamento: Alargamento se entende como a capacidade de disseminação dos riscos de modo transterritorial.
- c) Cumulatividade: Soma de riscos já existentes.
- d) Involuntariedade: Riscos que correm sem possibilidade de escolha e de ciência das vítimas.
- e) Injustiça na distribuição de riscos: Quem suporta os riscos não se beneficia das vantagens.
- f) Potencialização: Risco pode provocar danos em cadeia.

Por outro lado, a dimensão objetiva da gravidade contempla a percepção dos sujeitos em relação aos riscos experienciados. A este respeito, verifica-se que o pressuposto da incerteza

¹⁸⁷ WINGSPREAD STATEMENT ON THE PRECAUTIONARY PRINCIPLE, Jan. 1998. Disponível em: <https://www.sehn.org/sehn/wingspread-conference-on-the-precautionary-principle>. Acesso em: 21 mai.2023.

¹⁸⁸ COSTA, David Davidsson Furtado da. Princípio da Precaução e Medidas de Distanciamento Social na Pandemia de Covid-19 à luz do Conceito de Risco em Niklas Luhmann. **Revista Acadêmica da Faculdade de Direito do Recife**. ISSN, p. 2448-2307. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/ACADEMICA/article/view/249702/38244>. Acesso em: 15 out. 2023..

¹⁸⁹ CHIAVONE, Tayrone Marquesini. **Sociedade de risco digital**. 2022. Dissertação (Mestrado em Direito) – Nova School of Law. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/148919/1/Chiavone_2022.pdf. Acesso em: 14 set. 2023.

jurídica cumpre papel relevante, posto que a ausência de convicção sobre os impactos de determinada atividade causa maior insegurança e, portanto, uma sensação agravada de perigo naqueles que estão submetidos aos efeitos desta.

Com efeito, para que a precaução encontre guarida, é necessário que os riscos supramencionados estejam acompanhados de incerteza científica, a qual pode recair sobre três situações:

- a) Aquelas em que há danos reais e confirmados, mas se desconhece a causa (dúvidas quanto ao o quê);
- b) Outras, em que há uma causa hipotética para os danos reais, mas não é claro o nexo entre ambos (dúvidas quanto ao porquê);
- c) e outras em que nem sequer há ainda um dano confirmado, havendo apenas suspeitas (dúvidas quanto ao se). Sobretudo neste último caso, a invocação do princípio da precaução só se justifica quando, apesar de não haver quaisquer danos comprovados (associados a um determinado produto, substância ou tecnologia), houver, mesmo assim, uma probabilidade mínima. A Comissão Europeia fala em “motivos razoáveis” mas nós preferimos falar numa verosimilhança. Verosimilhança poderia ser também a tradução, para português, da expressão inglesa “likelihood” que é “algo menos do que a probabilidade e mais do que uma remota possibilidade”. Na ausência de danos, a verosimilhança é o limite mínimo da relevância da incerteza científica. A razão é simples: estando em causa riscos graves e irreversíveis, todas as hipóteses devem ser admitidas. No âmbito do raciocínio científico, estamos a falar do uso de simulações conceptuais, quando é impossível desenvolver uma experiência científica para comprovar uma determinada teoria (também denominado raciocínio “what if” ou, numa tradução livre, raciocínio “e se?”).¹⁹⁰

Chiavone,¹⁹¹ por sua vez, sugere uma categorização didática da incerteza jurídica que parte da divisão entre seu conteúdo e sua fonte. No que permeia ao conteúdo, haveria uma subdivisão entre as incertezas acerca: (i) da origem do dano; (ii) da natureza e gravidade do prejuízo e (iii) da existência concreta do risco de dano.

Em relação à fonte da incerteza, o referido autor contempla três perspectivas: epistemológica, ontológica e hermenêutica. Na primeira delas, verifica-se que a incerteza está ligada à inadequação em relação à quantidade de dados – seja por inexistência, insuficiência ou excesso de informações. A segunda fonte, por sua vez, pauta-se na complexidade da atividade em análise, podendo a incerteza derivar de escala, dinamismo e aleatoriedade. Por fim, a última fonte diz respeito à contradição interpretativa que torna incerta cientificamente a análise de riscos.

¹⁹⁰ ARAGÃO, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. **Revista CEDOUA**, Coimbra, n. 2, p. 9-57, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269603897_Principio_da_precaucao_manual_de_instrucoes. Acesso em: 21 nov. 2023.

¹⁹¹ CHIAVONE, Tayrone Marquesini. **Sociedade de risco digital**. 2022. Dissertação (Mestrado em Direito) – Nova School of Law. p. 92-93. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/148919/1/Chiavone_2022.pdf. Acesso em: 14 set. 2023.

Superada a análise introdutória feita, a qual contemplou aspectos conceituais, evolutivos e pressupostos de aplicação, há que se ponderar argumentos favoráveis e desfavoráveis à aplicação do princípio da precaução.

As críticas negativas à aplicação da precaução residem, em grande parte, na suposta falta de cientificidade que recai sobre o uso do princípio, e, também, em um possível efeito desencorajador ao desenvolvimento econômico e tecnológico como consequência das medidas rigorosas que decorrem deste. Neste sentido, os principais argumentos de rechaço ao princípio da precaução podem ser sintetizados da seguinte forma:

Entretanto, alguns autores entendem que tal princípio não oferece a melhor solução para contornar ou evitar as mazelas da “sociedade de risco”. Nesse passo, as principais críticas ao princípio da precaução concentram-se em três argumentos centrais, que o consideram:

- a) “retrógrado” (BAILEY, 1999; MAJONE, 2002);
- b) “anticientífico” (MARCHANT; MOSSMAN, 2004) e;
- c) “paralisante” (SUNSTEIN, 2005). Parte dessa literatura jurídica dissidente apresenta outras alternativas principiológicas, tais como a adoção do “princípio da resiliência” (principle of resilience), do “princípio da novidade” (principle of novelty) e do “princípio da inovação” (innovation principle).¹⁹²

No que tange ao argumento da anticientificidade, Berguer¹⁹³ argumenta contrariamente, sustentando que a aplicação do princípio da precaução, na realidade, se justifica por democratizar a ciência, rompendo o domínio da tecnocracia, e impondo a transparência e o dever de prudência.

Em rechaço ao argumento supra também, Wedy¹⁹⁴ endossa o caráter científico da aplicação do princípio da precaução quando feita com base em racionalidade, ponderação, e em observância à vedação da insuficiência e do excesso, que decorre do princípio da proporcionalidade.

O argumento do efeito paralisante da precaução tem como principal expoente o cientista Cass Sunstein que, em síntese, ampara sua crítica na privação de benefícios significativos à sociedade em decorrência da regulação rigorosa de inovações tecnológicas e, também, no alto custo que atribui à efetivação de medidas pautadas na ótica precaucional.¹⁹⁵

¹⁹² FERNANDES, R. G.; OLIVEIRA, L. P. S. A regulação do agir decisório disruptivo no judiciário brasileiro e a observância do princípio da precaução: juiz natural ou “juiz artificial”? **Revista Opinião Jurídica**. v. 19, n. 30, p. 108, 2021.

¹⁹³ BERGUER FILHO, Airton Guilherme. **Regulação e Governança dos Riscos das Nanotecnologias**. Belo Horizonte: Arraes, 2018. p. 73.

¹⁹⁴ WEDY, Gabriel de Jesus Tedesco. A aplicação do princípio da precaução deve ser proporcional. **Conjur**, 2014. Disponível em <https://www.conjur.com.br/2014-jul-22/gabriel-wedy-aplicacao-principio-precaucaoproporcional?pagina=3>. Acesso em 02 jan. 2023.

¹⁹⁵ SUNSTEIN, R. W. H.C. R. The Precautionary Principle as a Basis for Decision Making. **The Economists' Voice**, Chicago, v. 2, n. 2, p. 6, mai. /2005. Disponível em:

Cumpra ressaltar, no entanto, que a crítica tecida por Sunstein está centrada na modalidade de aplicação forte da precaução, não se estendendo às manifestações fraca e moderada do princípio. Sobre o grau de rigor atribuído à aplicação da precaução, destacam-se três níveis de força: (i) fraca, em que há limitação às atividades que gerem danos graves e irreversíveis; (ii) moderada, em que o princípio passa a ser não uma faculdade, mas de aplicação obrigatória quando verificada, de forma aprofundada, a relação de causa e efeito existente entre a atividade e os riscos de danos e (iii) forte, a qual impõe a inversão do ônus da prova ao proponente da atividade econômica, fazendo com que este seja obrigado a esclarecer as incertezas trazidas pela sua atividade.¹⁹⁶

Conquanto o incremento de maior rigor à regulação por meio do princípio da precaução, de fato, possa ocasionar uma desaceleração dos avanços em atividades inovadoras, Ana Frazão¹⁹⁷ sustenta interessante perspectiva em sentido contrário:

Até mesmo o alegado tradeoff entre inovação e precaução precisa ser colocado em perspectiva. Para Andy Stirling, por exemplo, são equivocadas as ideias de que a utilização do princípio da precaução para a tecnologia seria perigosa, arbitrária, irracional ou mesmo suprimiria inovação. Na verdade, o princípio da precaução deve servir para conduzir a inovação – tornando-a compatível com o bem-estar das pessoas – e não para bloqueá-la.

No mesmo sentido, Aragão¹⁹⁸ sustenta que a aplicação do princípio da precaução não é um adversário dos avanços tecnológicos, mas um vetor de regulação que está pautado em um desenvolvimento tecnológico sustentável e não meramente utilitarista.

Dessa forma, observa-se que as medidas precaucionais cumprem a função de filtragem, já que impõe uma melhoria no desenvolvimento de tecnologias, mormente em relação à mitigação de riscos e, simultaneamente, elimina as ferramentas que não sejam passíveis de melhoria e que, portanto, não tem utilização justificável por causarem mais malefícios do que benefícios aos usuários e terceiros impactados.

<https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/29998410/PrecautionaryPrinciple.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 nov. 2023.

¹⁹⁶ CHIAVONE, Tayrone Marquesini. **Sociedade de risco digital**. 2022. Dissertação (Mestrado em Direito) – Nova School of Law. p. 88. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/148919/1/Chiavone_2022.pdf. Acesso em: 14 set. 2023.

¹⁹⁷ FRAZÃO, Ana. Marco da Inteligência Artificial e os “cisnes digitais” As incertezas podem ser o maior e o melhor motivo para a ação regulatória Parte II. **Jota**, São Paulo. 2022. Disponível em: https://www.professoraanafrazao.com.br/files/publicacoes/2022-01-26-Marco_da_Inteligencia_Artificial_e_os_cisnes_digitais_As_incertezas_podem_ser_o_maior_e_o_melhor_motivo_para_a_acao_regulatoria_Parte_II.pdf. Acesso em: 15 mai. 2023.

¹⁹⁸ ARAGÃO, Alexandra. Aplicação nacional do princípio da precaução. **Associação dos Magistrados da Jurisdição Administrativa e Fiscal de Portugal**, Lisboa, v. 1, n. 1, p. 25, jan. 2013. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/24581>. Acesso em: 29 nov. 2023.

Isto posto, conclui-se que a aplicação do princípio da precaução na atividade regulatória, desde que de forma proporcional e racional, logo, em observância à possível ocorrência de impactos graves e em um contexto de incerteza científica, mostra-se oportuna e importante para a garantia de um desenvolvimento sustentável, seja no contexto do meio ambiente e da saúde, como já consolidado e, agora, no pouco conhecido contexto do funcionamento da inteligência artificial e, especialmente, das negociações algorítmicas realizadas no mercado de valores mobiliários, como será aprofundado no tópico seguinte.

5.1.2.2 Aplicação do princípio da precaução às negociações algorítmicas feitas no mercado de valores mobiliários

A seção anterior voltou-se a uma análise pormenorizada do princípio da precaução, contemplando seus pressupostos e a aplicação já consolidada no direito ambiental e à saúde. Com isso, a presente seção destina-se à investigação sobre a aplicabilidade do princípio na regulação dos sistemas de inteligência artificial de alto risco, mormente aos algoritmos destinados às negociações algorítmicas realizadas no mercado de valores mobiliários.

O atual momento evolutivo da inteligência artificial demanda o desenvolvimento de uma regulação hábil a mitigar riscos de danos graves ou irreversíveis em um contexto em que ainda perdura a prevalência da opacidade e pouco conhecimento sobre o funcionamento algorítmico, especialmente em relação aos sistemas em que predomina a automatização e a ausência de supervisão humana.

Em razão destas desafiadoras circunstâncias, as diretrizes regulatórias, pioneiramente traçadas no âmbito do direito europeu e atualmente acompanhadas pelos projetos de lei em tramitação no Brasil sobre o tema, se pautam na categorização dos sistemas de inteligência artificial a partir de uma hierarquia de riscos.

Lado outro, como supramencionado, os pressupostos de aplicação do princípio da precaução são a existência de risco de danos graves ou irreversíveis e da incerteza jurídica. Com isso, sustenta-se que os sistemas de inteligência artificial classificados como de alto risco preenchem os pressupostos em questão.

Nesse sentido, Chiavone argumenta pela aplicação da versão moderada do princípio da precaução na regulação dos sistemas de IA de alto risco. O autor ampara sua perspectiva no *Artificial Intelligence Act* elaborado pela União Europeia:

Nas hipóteses de sistemas classificados como de alto risco, o princípio da precaução também aparece em sua versão moderada, são inúmeras as evidências para tal justificativa:

A primeira delas é a criação de pressupostos de gerenciamento de riscos implícitos.²⁶³ O artigo 9º visa a proceduralizar as ações de gerenciamento de riscos, o gerenciamento é contínuo, deve ser documentado e tem como ponto de partida medidas ex-ante de gestão de riscos, segundo uma lógica de gestão de riscos por design²⁶⁴ (risk management by design). Deste modo, os testes de gerenciamento de riscos devem ser realizados durante o processo de desenvolvimento e em qualquer caso, antes do lançamento da tecnologia no mercado.²⁶⁵ A proposta é silente às medidas de paralisação da tecnologia quando houver ameaça de danos. Entretanto, mostra-se proativa na identificação de riscos ao obrigar o fornecedor do sistema a procedimento de avaliação de conformidade²⁶⁶ e registrar o sistema em uma base de dados da UE que será gerida pela comissão.²⁶⁷ Esta proatividade é outra forma de expressão moderada do princípio.

Outro ponto marcante que expressa a precaução de forma moderada é o conjunto de obrigações horizontais a serem seguidas pelos proponentes estabelecendo mecanismos para garantia do compliance de riscos.¹⁹⁹

Dessa forma, à inteligência do exemplo regulatório europeu, sustenta-se a aplicabilidade do princípio da precaução na regulação da IA que vem sendo idealizada no Brasil, já que esta também se estrutura com base em uma hierarquia de riscos.

Outrossim, conforme argumentado na seção anterior, verificou-se que os sistemas de negociação algorítmica, mormente os de alta frequência, podem ser classificados como de alto risco, seja por seu alto potencial danoso de ordem material ou moral ou pelo baixo grau de transparência, explicabilidade e auditabilidade intrínsecos aos HFT, que dificultam o seu controle ou supervisão.

Com isso, argumenta-se pela aplicação do princípio da precaução, em sua versão moderada, na regulação dos sistemas de negociação algorítmica de alta frequência, posto que patentes o preenchimento dos requisitos da existência de riscos graves e da incerteza científica.

Insta repisar que a versão moderada da precaução se concretiza em dever obrigacional de gestão de riscos por parte daqueles que utilizam dos sistemas de IA, a qual atrai medidas *ex ante* de evitamento de danos, demandando a postura proativa dos agentes neste sentido.

O PL n° 2.338/2023, por sua vez, aos sistemas de alto risco, impõe o regime de responsabilidade civil objetiva, recaindo sobre o fornecedor ou operador da tecnologia o dever de arcar com os danos eventualmente causados, na medida de sua participação e independente da existência de culpa, nos termos do artigo 27, parágrafo 1º. Nota-se, portanto, a priorização da responsabilidade objetiva em detrimento do dever de proatividade no pretense marco legal.

¹⁹⁹ CHIAVONE, Tayrone Marquesini. **Sociedade de risco digital**. 2022. Dissertação (Mestrado em Direito) – Nova School of Law. p. 106. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/148919/1/Chivone_2022.pdf. Acesso em: 14 set. 2023.

Sustenta-se, em sentido oposto, a necessidade de que o princípio da precaução seja aplicável, em sua forma moderada, na regulação dos sistemas de IA de alto risco, como aqueles voltados às negociações algorítmicas de alta frequência, para que se opere uma efetiva mitigação de riscos, a partir de medidas *ex ante*, em detrimento do protagonismo reparatório de prejuízos, como impõe o modelo objetivo de responsabilidade civil.

5.2 Regulação das negociações algorítmicas de alta frequência com base na multifuncionalidade da responsabilidade civil

Em breve resgate histórico, constata-se que o instituto da responsabilidade civil, em sua acepção clássica, pauta-se na obrigação de reparar danos como efeito central da imputação.

O dever reparatório, por sua vez, passa a ser vinculado à ideia da culpa como pressuposto do ilícito no Código Civil francês de 1804, também conhecido como o Código Napoleão, diploma este de viés liberal que influenciou a construção da legislação civil de diversos países desde o século XIX e consolidou a responsabilidade civil subjetiva.²⁰⁰

A teoria subjetiva firma-se na classificação tetrapartida dos pressupostos da responsabilidade civil, segundo a qual quatro elementos norteiam o instituto: o ato ilícito; a culpa; o dano e o nexo causal.

A teoria subjetiva firma-se na classificação tetrapartida dos pressupostos da responsabilidade civil, segundo a qual quatro elementos norteiam o instituto: o ato ilícito; a culpa; o dano e o nexo causal²⁰¹.

Será considerado ato ilícito o fato imputável a sujeito com discernimento para praticá-lo e que seja passível de gerar repercussões contrárias ao ordenamento jurídico. Assim, nas palavras de Chaves, Braga Netto e Rosenthal:²⁰² “O comportamento antijurídico se instala quando o agente ofende o dever genérico e absoluto de não ofender, sem consentimento, a esfera jurídica alheia.”

A culpa, como consagrada no modelo francês, figura como fundamento do dever de reparação de um dano que decorre da inobservância de um dever jurídico. Nesse sentido, verifica-se uma acepção da culpa em seu viés objetivo, segundo o qual a análise de sua

²⁰⁰ SOUZA, Wendell Lopes Barbosa de Souza. A responsabilidade civil objetiva genérica fundada na atividade de risco. Dissertação (Mestrado em Direito), PUC/SP. São Paulo, 2010. p.18-19. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/8493>. Acesso em: 10 nov. 2023.

²⁰¹ ROSENVALD, Nelson; FARIAS, Cristiano Chaves de; NETTO, Felipe Peixoto Braga. **Novo Tratado de Responsabilidade Civil**. São Paulo: Atlas, 2015. p.131.

²⁰² ROSENVALD, Nelson; FARIAS, Cristiano Chaves de; NETTO, Felipe Peixoto Braga. **Novo Tratado de Responsabilidade Civil**. São Paulo: Atlas, 2015. p.133.

existência parte de um critério abstrato de diligência, logo, será passível de responsabilização civil aquele que, por falta de cautela ou de modo intencional, ofende direito de terceiro.²⁰³

O terceiro pressuposto autônomo da responsabilidade civil, segundo a teoria subjetiva, seria o dano. Em uma perspectiva de fato, o dano seria o prejuízo sofrido, enquanto em sentido jurídico, seria a lesão a um interesse jurídico tutelado, presentes cumulativamente ambas as acepções, verifica-se o dano passível de ser indenizado.²⁰⁴

O último pressuposto da responsabilidade civil subjetiva reside na existência de causalidade entre a conduta praticada e o resultado danoso. Nas palavras de Caitlin Mulholland²⁰⁵ o nexu causal pode ser compreendido como “a ligação jurídica realizada entre a conduta ou atividade antecedente e o dano para fins de imputação da obrigação ressarcitória”. Apesar da complexidade inerente ao conceito de nexu causal, por ora irei me ater à ideia central de causa e efeito que norteou a perspectiva subjetiva trazida pelo modelo liberal.

O modelo liberal, herdado do direito civil francês do início do século XIX, ao priorizar o regime subjetivo da responsabilidade civil, em que o pressuposto da culpa é analisado sob enfoque do descumprimento de dever de cuidado e tendo como decorrência deste o efeito lesivo passível de reparação, perpetua o protagonismo da função reparatória do instituto jurídico, a qual será abordada no tópico seguinte com maior profundidade.

Ocorre que a concretização da reparação no contexto do Estado liberal, impunha à vítima do dano o ônus de provar que o pretense agente responsável teria agido em descumprimento a um dever de cuidado para que restasse configurada a responsabilidade civil e o consequente dever de reparação dos prejuízos. Contudo, para além da dificuldade intrínseca à produção de prova contra o terceiro causador da lesão, ainda merece destaque o alto grau de abstração que recaia sobre a dimensão real do referido dever de cuidado, o que culminava, muitas vezes, na impossibilidade de que os prejuízos sofridos pelo ofendido fossem reparados.

A estruturação de um sistema improfícuo em relação à reparação de danos guarda estrita relação com o contexto socioeconômico vigente à época. Com a eclosão das revoluções burguesas da Europa ocidental nos séculos XVIII e XIX, a necessidade de manutenção de um ecossistema legal que não impusesse barreiras aos avanços das atividades econômicas encabeçadas pela nova classe dominante.

²⁰³ FRAZÃO, Ana. Pressupostos e funções da responsabilidade civil subjetiva na atualidade: um exame a partir do direito comparado. **Revista do Tribunal Superior do Trabalho**, São Paulo, v. 77, n. 4, p. 17-43, out./dez. 2011. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/28339>. Acesso em: 10 out. 2023.

²⁰⁴ ROSENVALD, Nelson; FARIAS, Cristiano Chaves de; NETTO, Felipe Peixoto Braga. **Novo Tratado de Responsabilidade Civil**. São Paulo: Atlas, 2015. p.230.

²⁰⁵ MULHOLLAND, Caitlin Sampaio, **A responsabilidade civil por presunção do nexu de causalidade**. Rio de Janeiro: GZ Editora, 2010, p. 57.

Por certo, um modelo de responsabilidade civil que se pautasse na reparação de danos mostrava-se incompatível com acúmulo de capital que a classe burguesa sustentava ser imprescindível ao avanço de suas atividades econômicas. No contexto de liberalismo ora vigente, em que a lógica do *laissez-faire*²⁰⁶ endossava a ideia da liberdade como avesso da responsabilidade²⁰⁷, a construção de um regime de responsabilidade civil em que a reparação dependia da comprovação da culpa pelos danos sofridos, amoldava-se perfeitamente aos interesses da camada dominante da sociedade.

A perspectiva maniqueísta celebrada no modelo individualista da teoria subjetiva – em que a liberdade se vestia de protagonista e a responsabilidade usava os trajes do antagonista – foi entoada pelas classes dominantes, sem enfrentar significativa resistência dos europeus, até meados do século XIX.

Neste interim, o pensamento de Zygmunt Bauman²⁰⁸ ilustra a então letargia experienciada pela sociedade à época em relação à frouxidão jurídica vigente, segundo o filósofo: “A percepção disseminada é de que a cura é pior que a doença, pois é mais imediata e notável na pele das pessoas”. Em analogia, com a consolidação do pensamento de que um modelo de responsabilidade civil que efetivamente endereçasse o dever reparatório ao seu causador seria um entrave ao avanço da economia, a ideia de que o remédio seria mais nocivo do que a patologia foi incorporada à mentalidade da sociedade moderna.

Na segunda metade do século XIX, inaugurava-se a segunda fase da revolução industrial e nela o liberalismo atingiria seu apogeu e declínio. Na chamada era do capital, “Apenas o mercado regulava a compra e venda da força de trabalho, como para qualquer outra coisa.”²⁰⁹

O gigante progresso econômico que ascendeu por meio do liberalismo trouxe consigo também um aumento exponencial de danos, de modo que, a imposição da aferição de culpa do ofensor para que houvesse sua responsabilização, passou a gerar desconforto em algumas camadas da sociedade, em especial, na classe trabalhadora, que sentia na pele a impunidade diante dos acidentes de trabalho.

Neste contexto, dá-se o giro da responsabilidade civil subjetiva para o modelo objetivo, em que a responsabilização do ofensor ocorrerá independentemente da aferição do elemento subjetivo da culpa pelo resultado danoso.

²⁰⁶ Usualmente atribuída à teoria de Adam Smith, em sua obra “Riqueza das nações” (1776), a ideia do *laissez-faire* corresponde ao argumento pela autorregulação do mercado, sustentando a não intervenção do Estado no mercado.

²⁰⁷ ROSENVALD, Nelson; FARIAS, Cristiano Chaves de; NETTO, Felipe Peixoto Braga. **Novo Tratado de Responsabilidade Civil**. São Paulo: Atlas, 2015. p.501.

²⁰⁸ BAUMAN, Zygmunt; BORDONI, Carlo. **Estado de crise**. Rio de Janeiro: Zahar, 2016. p. 11.

²⁰⁹ HOBBSAWM, E. J. **A era do capital: 1848-1875**. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982. p.53.

Dessa forma, verifica-se que, ainda que o pretense responsável pelos prejuízos tenha agido com máxima proatividade em relação aos riscos da atividade desenvolvida, caso os danos venham a se concretizar, a conduta diligente em nada atenuará sua responsabilidade pelo resultado danoso.

Nesse sentido, Rosenvald²¹⁰ sustenta:

Nesta senda, um clássico instrumento de análise econômica é a teoria do equilíbrio geral, que em sua forma mais evoluída qualifica matematicamente o comportamento de diversos sujeitos e depois os analisa para verificar se há um equilíbrio na sua interação. O primeiro êxito na aplicação desta teoria se deu no clássico trabalho de John Brown sobre os diversos modelos de responsabilidade civil extracontratual. Ele percebeu que quando a eficiência reclama medidas de cautela, tanto por potenciais ofensores, como por potenciais vítimas, um sistema de responsabilidade por culpa cria incentivos para uma eficiente adoção de cuidados, enquanto o mesmo não sucede no sistema de responsabilidade objetiva.

Já na teoria objetiva o ofensor será responsabilizado independentemente do nível de seus investimentos em prevenção. Mesmo a adoção da máxima diligência não lhe exonerará da reparação de danos. A vítima não teria qualquer incentivo para agir preventivamente, pois na teoria objetiva nunca será responsabilizado complementarmente. Por isto há uma implicação de política de direito neste discurso: toda vez que houver necessidade de prevenção bilateral é preferível o critério da culpa, porém, mais eficiente será a responsabilidade objetiva em caso de prevenção unilateral por parte do ofensor.

Com isso, verifica-se que no modelo de responsabilidade objetiva a conduta diligente no evitamento de danos torna-se desinteressante ao eventual ofensor, já que a tomada de medidas proativas, evidentemente, implicará custos, mas, lado outro, restando concretizado o prejuízo, não trará qualquer atenuante à imputação de responsabilidade.

Insta salientar que no ordenamento jurídico brasileiro, evidenciam-se três funções para a responsabilidade civil: reparatória, pautada pela transferência dos danos do patrimônio do lesante ao lesado como forma de reequilíbrio patrimonial; punitiva, em que se verifica a sanção consistente na aplicação de uma pena civil como forma de desestímulo de comportamentos reprováveis e precaucional, a qual objetiva a inibição de atividades potencialmente danosas.²¹¹

Conquanto invidáveis as demais funções, patente a prevalência do viés compensatório no direito brasileiro. Dessa forma, sustenta-se que o desencorajamento da conduta prudencial na mitigação de danos promovido no modelo de responsabilidade objetiva contribui de forma

²¹⁰ ROSENVALD, Nelson. **As funções da responsabilidade civil**. São Paulo. Atlas, 2013. p. 155.

²¹¹ CLEMENTE, Graziella Trindade. ROSENVALD, Nelson. A multifuncionalidade da responsabilidade civil no contexto das novas tecnologias genéticas. **Migalhas**, 2022. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/coluna/migalhas-de-direito-medico-e-bioetica/360773/a-multifuncionalidade-da-responsabilidade-civil>. Acesso em: 14 dez. 2023.

importante para a perpetuação da prevalência da função compensatória (*liability*) do instituto, em observância ao princípio da reparação de danos.

A despeito da inegável relevância da função compensatória, o protagonismo da perspectiva clássica da responsabilidade civil ao longo da história culminou em um caráter monofuncional do instituto que se mostra defasado no contexto fático contemporâneo, mormente no que permeia aos danos ocasionados no uso de novas tecnologias. Nesse sentido, Clemente e Rosenthal:²¹²

Diante das demandas de sociedades complexas, plurais e altamente tecnológicas marcadas pela incerteza e desumanização inerentes, torna-se evidente e necessária a superação do caráter monofuncional da responsabilidade civil. A trajetória do modelo jurídico da responsabilidade civil, no século XXI, deixa de ser linear e estática tomando-se sensível e adaptável à nova realidade em evolução¹. Em julgado paradigmático de 2017, das Seções Unidas da Corte de Cassação Italiana, considerou-se que "deve ser superado o caráter monofuncional da responsabilidade civil, pois lateralmente à preponderante e primária função compensatória se reconhece também uma natureza polifuncional que se projeta em outras dimensões, dentre as quais as principais são a preventiva e a punitiva, que não são ontologicamente incompatíveis com o ordenamento italiano e, sobretudo, respondem a uma exigência de efetividade da tutela jurídica".

Há que se ressaltar que a monofuncionalidade da responsabilidade civil, ao sustentar a centralidade da função compensatória, fomenta um sistema falho, posto que, ainda que imputado a ofensor o dever ressarcitório, a compensação imposta não é capaz de eliminar a perda já concretizada pelo ofendido. Nesse sentido, Rosenthal²¹³ sustenta que:

Ocorre que nenhum ressarcimento, por mais que se assuma compensativo, poderá eliminar a perda produzida pelo ilícito. A responsabilidade não é capaz em um passe de mágica a retornar a um passado ideal e repor o lesado à situação anterior ao ilícito. A série de eventos desencadeada pelo comportamento ilícito é irreversível e o ressarcimento, quando muito, realizará uma alocação subjetiva de uma parte da riqueza monetária que transitará do ofensor ao ofendido. Neste sentido, o ressarcimento opera uma parcial compensação de caráter intersubjetivo.

A insuficiência da função compensatória, já que embasada no viés ressarcitório, se mostra ainda mais significativa no contexto dos danos causados por novas tecnologias, que muitas vezes são de difícil reparação. Por essa razão, se faz necessária a ruptura do dogma da responsabilidade civil como mera sistemática de reparação de danos.

²¹² CLEMENTE, Graziella Trindade. ROSENTHAL, Nelson. A multifuncionalidade da responsabilidade civil no contexto das novas tecnologias genéticas. **Migalhas**, 2022. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/coluna/migalhas-de-direito-medico-e-bioetica/360773/a-multifuncionalidade-da-responsabilidade-civil>. Acesso em: 14 dez. 2023.

²¹³ ROSENTHAL, Nelson. **As funções da responsabilidade civil**. São Paulo. Atlas, 2013. p. 67-68.

Com efeito, se mostra imperativo o resgate do caráter multifuncional do instituto, mormente no que permeia à função precaucional, que é o enfoque da presente pesquisa, para que se vislumbre a mudança de paradigma da contenção de danos para a contenção de comportamentos.

Faleiros e Rosenvald²¹⁴ argumentam que, ainda que a finalidade preventiva seja altamente desejável, há que se transcender a prevenção na busca por critérios que atendam a função precaucional da responsabilidade civil.

Tal intento se mostra ainda mais relevante no contexto atual da inteligência artificial. Isto porque, como já analisado detidamente na presente pesquisa, os sistemas algorítmicos, mormente aqueles destinados à negociação de alta frequência, já que passíveis de serem classificados como de alto risco e terem como característica a incerteza científica decorrente da opacidade que paira sobre as novas tecnologias.

Dessa forma, sustenta-se que a atribuição de responsabilidade civil por danos ocasionados por sistemas de IA de alto risco, como é o caso dos HFT, não deve ser guiada pelo modelo objetivo, mas se embasar na demonstração do cumprimento do dever de diligência em relação à prevenção de danos através da adoção de mecanismos para garantia do *compliance* de riscos.

Destarte, ao ter a responsabilização atrelada à demonstração de comportamento proativo no evitamento de riscos, o potencial ofensor, sustenta-se, pautará sua atuação em pilares precaucionais, já que tal postura poderá refletir como benesse ou atenuante na imputação de responsabilidade por eventuais danos.

5.3 Respostas regulatórias setoriais: regulação da Inteligência Artificial no mercado de valores mobiliários

O desenvolvimento de uma regulação efetiva dos sistemas algorítmicos de negociação de alta frequência demanda uma estrutura escalonada, em que a regulação da inteligência artificial, no que tange aos seus aspectos gerais, vigore como norte para a implementação de respostas regulatórias setoriais.

O espectro de atividades que se valem de sistemas de IA para aperfeiçoar resultados é bastante amplo, como explorado no segundo capítulo da presente dissertação. Por esta razão,

²¹⁴ ROSENVALD, Nelson; JÚNIOR, José Luiz de Moura Faleiros. Answerability e seus reflexos para a responsabilização civil. **Revista IBERC**, v. 6, n. 3, p. IV-X, 2023. Disponível em: <https://revistaiberc.responsabilidadecivil.org/iberc/article/view/284>. Acesso em: 13 out. 2023.

sustenta-se a impossibilidade de que um único marco legal seja adequado e suficiente para regular aplicações da tecnologia em segmentos tão distintos.

Da mesma forma entendeu a CJSUBIA, que em seu relatório final sustentou a existência de perigo no desenvolvimento de uma regulação única e genérica da tecnologia e pontuou pela necessidade de que haja uma regulação setorial da IA.²¹⁵

Com isso, a regulação setorial se mostra como uma estratégia pertinente e funcional, devendo haver compatibilização entre as normas gerais estabelecidas de forma genérica por um marco legal da inteligência artificial e as respostas oriundas dos agentes incumbidos da regulação específica de cada setor.

Nesse sentido, o texto do PL nº 2338 de 2023 trouxe expressamente no §4º do artigo 24 a obrigação das autoridades setoriais competentes de regulamentar a avaliação de impactos dos sistemas de IA:

§ 4º Caberá à autoridade competente a regulamentação da periodicidade de atualização das avaliações de impacto, considerando o ciclo de vida dos sistemas de inteligência artificial de alto risco e os campos de aplicação, podendo incorporar melhores práticas setoriais.²¹⁶

A avaliação de impacto algorítmico, segundo o artigo 22 do referido projeto de lei, será obrigatória em relação aos sistemas de IA de alto risco e contemplará quatro etapas: (i) preparação; (ii) cognição do risco; (iii) mitigação dos riscos encontrados e (iv) monitoramento. A Figura 11 a seguir traz os pilares da ferramenta de avaliação de impacto algorítmico, conforme sugerido no relatório supramencionado da CJSUBIA:

²¹⁵ CJSUBIA. **Relatório final**. Brasília. 2022. p. 85. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024.

²¹⁶ BRASIL. SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei n. 2.338 de 2023**. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 16 dez. 2023.

Figura 11 - Pilares da avaliação de impacto algorítmico



FONTE: Figura elaborada pela autora.

Insta destacar que, no que permeia ao mapeamento de riscos contemplado na avaliação de impacto algorítmico, o próprio PL n.º 2338/2023 dispõe expressamente no §2º do art.24 sobre a incidência do princípio da precaução:

§ 2º Em atenção ao princípio da precaução, quando da utilização de sistemas de inteligência artificial que possam gerar impactos irreversíveis ou de difícil reversão, a avaliação de impacto algorítmico levará em consideração também as evidências incipientes, incompletas ou especulativas.²¹⁷

Destarte, no que tange aos algoritmos voltados à negociação de alta frequência no mercado de valores mobiliários, a regulação setorial ficará a cargo da Comissão de Valores Mobiliários, cabendo à autarquia disciplinar sobre os termos da avaliação de impacto algorítmico e demais medidas pertinentes cabíveis e hábeis a demonstrar o grau de proatividade dos agentes responsáveis pelo sistema de IA no evitamento de danos.

Tomando como marco teórico a obra de Isac Costa²¹⁸ sustenta-se a divisão de respostas regulatórias setoriais aplicáveis às negociações algorítmicas em três grupos: (i) regime de

²¹⁷ BRASIL. SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei n. 2.338 de 2023**. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 16 dez. 2023.

²¹⁸ COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta**: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p.275-276.

informação e supervisão de mercado; (ii) controles de velocidade e (iii) controles de risco operacional e volatilidade.

O primeiro grupo regulatório contempla, portanto, as práticas correlatas ao cumprimento do dever informacional pelo agente responsável pela negociação algorítmica, correspondendo às etapas de preparação e cognição de risco sustentadas no artigo 22 do PL nº 2.338/2023 como metodologia do relatório de impacto algorítmico.

Em síntese, o dever informacional estaria cumprido com o cadastramento do sistema algorítmico contemplando sete pontos essenciais: os riscos, benefícios, probabilidade de consequências adversas, gravidade das referidas consequências adversas, detalhamento da lógica de funcionamento do sistema, ações de conscientização sobre riscos e tomada de medidas de transparência ao público.

Para Costa,²¹⁹ o regime informacional deveria exigir do investidor que se vale de sistemas algorítmicos, o fornecimento de relatório constando: todas as ofertas enviadas aos sistemas de negociação; todos os negócios realizados; as falhas de execução e de conformidade com os parâmetros de atuação e as estatísticas de execução, as quais deveriam mensurar a qualidade e quantidade dos instrumentos negociados e o volume médio de negociação e de ofertas canceladas.

Com isso, haveria o mapeamento algorítmico adequado para que as etapas seguintes da avaliação de impacto algorítmico – a mitigação dos riscos e o monitoramento – pudessem se concretizar. Nestas, caberá ao agente indicar quais medidas de mitigação de riscos estão sendo tomadas e demonstrar o controle dos perigos mapeados.

Traçando um paralelo entre os parâmetros trazidos pelo projeto de lei em comento e a proposta de respostas regulatórias sustentadas por Isac Costa, tem-se que as etapas de mitigação de riscos e monitoramento contemplariam as medidas de controles de velocidade, de risco operacional e de volatilidade.

Em relação aos mecanismos de controle de velocidade, Costa (2020, p.283) sugere o desenvolvimento de uma política de penalização por excesso de ofertas e cancelamentos, em que cada investidor teria previamente estipulado um número limite de mensagens que poderia enviar ao sistema de negociação. Caso ultrapassado o patamar máximo, o agente seria penalizado com uma sanção. Com isso, haveria a possibilidade de inibir eventuais práticas de manipulação de mercado através do uso de algoritmos de negociação.

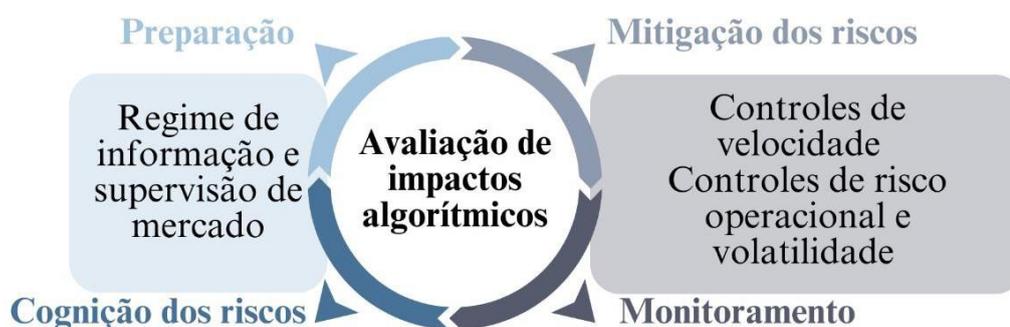
²¹⁹ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta*: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020. p.277.

No que tange aos controles de risco operacional e volatilidade, Costa²²⁰ sustenta as seguintes medidas para mitigar riscos:

- Limitação de quantidades nas ofertas enviadas;
- Limitação das posições detidas;
- Fixação de limites operacionais por investidor, conforme seu perfil de risco;
- Exigência de depósito de garantias;
- Filtro de ofertas por ferramentas de controle de risco de pré-negociação;
- Exigência de informações sobre controles de qualidade dos algoritmos;
- Limites de oscilação por instrumento (túneis de negociação);
- Leilões automáticos para melhorar a formação de preços em casos extremos;
- Suspensão da negociação em cenários de excessiva volatilidade (*circuit breakers*).

Isto posto, argumenta-se pela vinculação das diretrizes regulatórias propostas por Isac Costa ao modelo de avaliação de impactos algorítmicos, como expresso no PL nº 2.338/2023, o qual deverá ser objeto de regulamentação pela CVM no que permeia aos sistemas de negociação algorítmica. A Figura 12 a seguir ilustra o argumento em defesa:

Figura 12 - Avaliação de impacto dos algoritmos de negociação de alta frequência



FONTE: Figura elaborada pela autora.

Dessa forma, sustenta-se que o investidor que se valha de algoritmos para negociações de alta frequência no mercado de valores, tendo em vista a natureza de alto risco do sistema de IA, deverá cumprir com os requisitos de avaliação de impactos algoritmos, observando para isso os critérios definidos em regulação setorial.

²²⁰ COSTA, Isac Silveira da. *High Frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p.293.

5.4 Conclusão

O capítulo em comento foi dedicado à construção de uma proposta de regulação da atividade de negociação algorítmica de alta frequência no mercado de valores mobiliários brasileiro.

Para isso, argumentou-se pela necessidade de desenvolvimento de um ambiente regulatório fracionado em que uma primeira camada seria correspondente à regulação geral dos sistemas de IA e uma segunda, em complementariedade, seria relativa à uma regulação setorial específica dos HFT's, que deverá ser feita pela CVM.

A regulação geral da IA, seguindo as diretrizes já trazidas pela CJSUBIA e expressas no PL nº 2.338/2023, se pautará na categorização dos sistemas de IA conforme os riscos apresentados. Os robôs de investimento, também denominados HFT's, por terem elevado potencial danoso e operarem de forma automatizada, com pouca ou nenhuma supervisão humana, devem ser considerados sistemas algorítmicos de alto risco.

Por esta razão, e tendo em vista a possibilidade de ocorrência de danos graves ou irreparáveis somada à incerteza científica que pende sobre o contexto das negociações algorítmicas de alta frequência, argumenta-se pela aplicabilidade do princípio da precaução à atividade praticada por algoritmos de negociação de alta frequência.

Não obstante, concluiu-se que, apesar de os HFT's deverem ser classificados como sistemas de alto risco e, portanto, suscetíveis às medidas impostas em razão da precaução, ainda assim, o regime de responsabilização civil aplicável aos investidores que se valem da tecnologia não deve ser o modelo objetivo.

Isto porque, conforme analisado, a imputação de responsabilidade independentemente da aferição de culpa, como preceitua a responsabilização objetiva, esvazia o intento prudencial que poderia incentivar os agentes a evitarem danos *ex ante*, ao invés de apenas repará-los após sua ocorrência.

Com isso, defendeu-se a necessidade do resgate da função precaucional, em contraponto à vigente monofuncionalidade do instituto da responsabilidade civil, para que seja incentivada a mitigação de riscos e evitamento de danos em detrimento de uma cultura meramente compensatória. Tão logo, sustentou-se a criação de pilares para um regime de responsabilização proativa, transcendente do modelo clássico subjetivo, no que permeia à regulação da IA.

Ademais, argumentou-se pela necessidade de que haja, em complementação à regulação genérica da IA, uma regulação setorial, a qual, no caso dos HFT's, deverá ser desenvolvida pela CVM.

Como resposta regulatória setorial, sustentou-se a criação de parâmetros específicos para a avaliação de impacto algorítmico no contexto das negociações de alta frequência, em que as duas primeiras etapas – preparação e cognição de riscos – deverão ser atreladas ao cumprimento de medidas sugeridas como regime informacional e as duas últimas fases – mitigação de riscos e monitoramento – estarão vinculadas às medidas de controles de velocidade, de risco operacional e de volatilidade.

Por fim, sustentou-se que a imputação de responsabilidade aos agentes investidores que se valem de sistemas de IA deva ser guiada por um modelo de dosimetria em que o cumprimento das medidas impostas na avaliação de impacto algorítmico seja um possível fator atenuante da responsabilização, prestigiando assim, a diligência precaucional.

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa se destinou à análise da aplicação de sistemas de IA na tomada de decisões no mercado de valores mobiliários brasileiro, bem como à necessidade de desenvolvimento de legislação específica destinada a regular a atividade de algoritmos voltados a tais negociações e como deveriam ser estruturadas as respostas regulatórias neste contexto.

Para cumprir o objetivo geral pretendido, debruçou-se sobre o atual contexto evolutivo da IA e suas mais diversas aplicações no cenário contemporâneo, restando demonstrada a forma de aprendizagem da máquina para que houvesse compreensão posterior do funcionamento dos HFT's, também conhecidos como robôs de investimento.

Após, foi feita uma análise pormenorizada da macro e da microestrutura do mercado financeiro brasileiro, mormente em relação ao mercado secundário, que integra o mercado de valores mobiliários, e onde ocorrem as negociações algorítmicas.

Findas as análises da inteligência artificial e do mercado financeiro brasileiro, foi possível, finalmente, se chegar à maturação da compreensão para que fosse construído um conceito satisfatório de HFT. Neste ponto, conclui-se que a definição de HFT comporta pluralidade dimensional, podendo ser compreendido enquanto sujeito; algoritmo; estratégia e ferramenta cumulativamente.

Por esta razão, entende-se que a definição da figura HFT seja feita através da complementariedade dos critérios quantitativos e estruturais. Ademais, entendeu-se que o algoritmo HFT, também denominado como robô de investimento ou de ordem, é um modelo matemático de *machine learning*, com capacidade de processamento de alto volume de dados em grande velocidade, e atua na tomada de decisão no mercado de valores mobiliários, em regra, sem supervisão humana.

Como vantagens atribuídas às negociações de alta frequência tem-se a disseminação ampla das informações de mercado; o aumento de liquidez; a redução dos custos operacionais e a redução da latência, além de a possibilidade da tomada de decisão acurada e em velocidade superior à capacidade humana;

Lado outro, como desvantagens imputadas à figura HFT encontram-se: a possível criação de liquidez aparente que pode prejudicar o processo de formação de preços; o aumento da volatilidade do mercado em razão dos movimentos abruptos dos sistemas algorítmicos; o risco à equidade e à garantia de transparência do mercado em razão das práticas de manipulação de mercado usualmente perpetradas por *high frequent traders* (HFTs).

Ao final do quarto capítulo, conclui-se que, a despeito das tentativas dos agentes reguladores de coibir práticas abusivas nas negociações de alta frequência através de supervisão e aplicação de penalidades posteriores à infração, verifica-se uma ineficiência na atuação destes em relação à prevenção de danos correlatos à atividade.

Isto posto, apurou-se a necessidade de que haja construção de uma regulação da atividade de negociação algorítmica que seja embasada tanto na regulação geral da IA, quanto na atividade regulatória setorial tutelada pela CVM.

No que tange à regulação geral da IA, seguindo as diretrizes já trazidas pela CJSUBIA e expressas no PL nº 2.338/2023, haverá categorização dos sistemas de IA conforme os riscos apresentados. Nesse sentido, conclui-se que os HFT's, por terem elevado potencial danoso e operarem de forma automatizada, com pouca ou nenhuma supervisão humana, devem ser considerados sistemas algorítmicos de alto risco.

Por esta razão, e tendo em vista a possibilidade de ocorrência de danos graves ou irreparáveis somada à incerteza científica que pende sobre o contexto das negociações algorítmicas de alta frequência, argumenta-se pela aplicabilidade do princípio da precaução à atividade praticada por algoritmos de negociação de alta frequência.

Não obstante, concluiu-se que, apesar de os HFT's deverem ser classificados como sistemas de alto risco e, portanto, suscetíveis às medidas impostas em razão da precaução, ainda assim, o regime de responsabilização civil aplicável aos investidores que se valem da tecnologia não deve ser o modelo objetivo, como preceitua o projeto de lei em comento.

Isto porque, conforme analisado, a imputação de responsabilidade independentemente da aferição de culpa, como preceitua a responsabilização objetiva, esvazia o intento prudencial que poderia incentivar os agentes a evitarem danos *ex ante*, ao invés de apenas repará-los após sua ocorrência.

Com isso, defendeu-se a necessidade do resgate da função precaucional, em contraponto à vigente monofuncionalidade do instituto da responsabilidade civil, para que seja incentivada a mitigação de riscos e evitamento de danos em detrimento de uma cultura meramente compensatória. Tão logo, sustentou-se a criação de pilares para um regime de responsabilização proativa, transcendente do modelo clássico subjetivo, no que permeia à regulação da IA.

Nada obstante, argumentou-se pela necessidade de que haja, em complementação à regulação genérica da IA, uma regulação setorial, a qual, no caso dos HFT's, deverá ser desenvolvida pela CVM.

Como resposta regulatória setorial, sustentou-se a criação de parâmetros específicos para a avaliação de impacto algorítmico no contexto das negociações de alta frequência, em

que as duas primeiras etapas – preparação e cognição de riscos – deverão ser atreladas ao cumprimento de medidas sugeridas como regime informacional e as duas últimas fases – mitigação de riscos e monitoramento – estarão vinculadas às medidas de controles de velocidade, de risco operacional e de volatilidade.

Por fim, sustentou-se que a imputação de responsabilidade aos agentes investidores que se valem de sistemas de IA deva ser guiada por um modelo de dosimetria em que o cumprimento das medidas impostas na avaliação de impacto algorítmico sirva como um possível fator atenuante da responsabilização, prestigiando assim, a diligência precaucional do agente, logo, a prevenção de danos em detrimento da mera reparação destes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKERLOF, George A. The Market for ‘Lemons’: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 84, no. 3. 1970, p. 488–500. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1879431>. Acesso em: 22 ago. 2023.

ARAGÃO, Alexandra. Aplicação nacional do princípio da precaução. **Associação dos Magistrados da Jurisdição Administrativa e Fiscal de Portugal**, Lisboa, v. 1, n. 1, p. 5, jan./2013. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/24581>. Acesso em: 29 nov. 2023.

ARAGÃO, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. **Revista CEDOUA**, Coimbra, n. 2, p. 9-57, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269603897_Principio_da_precaucao_manual_de_instrucoes. Acesso em: 21 nov. 2023.

AUSTRALIAN SECURITIES AND INVESTMENTS COMMISSION (ASIC). **Report 597 - High-frequency trading in Australian equities and the Australian – US dollar cross rate**. 2018. Disponível em: <https://download.asic.gov.au/media/4938274/rep597-published-15-november-2018.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

B3. **Manual de procedimentos operacionais de negociação da B3**. Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/93/D2/40/3B/8AFE961023208E96AC094EA8/Manual%20de%20procedimentos%20operacionais%20de%20negociação%20da%20B3%20-%20Versão%2008042019.pdf>. Acesso em: 30. out. 2023.

B3. **Negociação**: listado B3. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/regulacao/estrutura-normativa/regulamentos-e-manuais/negociacao.htm. Acesso em: 30. out. 2023.

B3. **Regulamento da câmara B3**. 30 nov. 2020. https://www.b3.com.br/data/files/36/07/AC/F1/1C916710700BFA57AC094EA8/Regulamento%20da%20Camara%20B3_20201130.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.

BARROS, Flavia A.; TEDESCO, P. C. A. R. Agentes Inteligentes Conversacionais: Conceitos Básicos e Desenvolvimento. In: José Carlos Maldonado; José Viterbo Filho; Marcio Eduardo Delamaro; Sabrina Marczak.. (Org.). **35 JAI - Jornada de Atualização em Informática**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. v. 1. p. 169-218. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~fab/JAI2016-Barros-Tedesco.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

BAUMAN, Zygmunt; BORDONI, Carlo. Estado de crise. Rio de Janeiro: Zahar, 2016.

BELLESA, Mauro. Os desafios do ChatGPT ao ensino e à pesquisa. **Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo**. 2023. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/noticias/os-desafios-do-chatgpt-para-a-universidade?searchterm=Chat+GPT>. Acesso em: 10 out. 2023.

BERGUER FILHO, Airton Guilherme. **Regulação e Governança dos Riscos das Nanotecnologias**. Belo Horizonte: Arraes, 2018.

BIONI, Bruno Ricardo. LUCIANO, Maria. O princípio da precaução na regulação de inteligência artificial: seriam as leis de proteção de dados o seu portal de entrada? *In*: FRAZÃO, Ana; MULHOLLAND, Caitlin (Org.). **Inteligência artificial e Direito: ética, regulação e responsabilidade**. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019.

BM&f BOVESPA. **Ofício Circular nº 21 de 08 de julho de 2008**. Disponível em: https://www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/bd_manual/DMA.asp. Acesso em: 08 nov. 2023.

BM&FBOVESPA SUPERVISÃO DE MERCADOS (BSM). **Rotina de Compartilhamento de Alertas de Layering e Spoofing da BSM**. 2019. Disponível em: <https://www.bsmsupervisao.com.br/assets/file/Rotina-Layering-Spoofing.pdf>. Acesso em: 12 out. 2023.

BORGES, Gustavo Silveira; JÚNIOR, José Luiz de Moura Faleiros. Viés racial em sistemas de inteligência artificial: desafios para a responsabilidade civil e a necessidade de parametrização do risco. **Revista IBERC**, v. 6, n. 2, p. 100-128, 2023. Disponível em: <https://revistaiberc.responsabilidadecivil.org/iberc/article/view/237>. Acesso em 23 maio 2023.

BRASIL, Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 27 jan. 2024.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei n. 21 de 2020**. Estabelece fundamentos, princípios e diretrizes para o desenvolvimento e a aplicação da inteligência artificial no Brasil; e dá outras providências. Disponível em https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9023442&ts=1698248940209&disposition=inline&_gl=1*_zgpnlv*_ga*_MTY1NTEyODE3OC4xNjYwNTgzNTU5*_ga_CW3ZH25XMK*_MTY5ODk2MDE3NC41LjAuMTY5ODk2MDE3NC4wLjAuMA. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. **Lei n. 4.728 de 14 de julho de 1965**. Disciplina o mercado de capitais e estabelece medidas para o seu desenvolvimento. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4728.htm. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

BRASIL. **Lei n. 6.385, de 07 de dezembro de 1976**. Dispõe sobre o mercado de valores mobiliários e cria a Comissão de Valores Mobiliários. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6385.htm. Acesso em: 19 out. 2023.

BRASIL. SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei n. 2.338 de 2023**. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 16 dez. 2023.

BUENO, Caio Botrel. FROGERI, Rodrigo Franklin. **ChatGPT e o campo Jurídico: o estado da arte**. 9º Congresso Internacional Grupo Unis. 2023. 1-18.

CAPPRA, Ricardo. As habilidades para sobreviver em um futuro inundado por dados. **MIT Technology Review Brasil**. 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/As%20habilidades%20para%20sobreviver%20em%20um%20futuro%20inundado%20por%20dados.pdf>. Acesso em: 16.nov.2023.

CHIAVONE, Tayrone Marquesini. Sociedade de risco digital. 2022. Dissertação (Mestrado em Direito) – Nova School of Law. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/148919/1/Chiavone_2022.pdf. Acesso em: 14 set. 2023.

CHRISTIAN, Brian; GRIFFITHS, Tom. **Algoritmos para viver: a ciência exata das decisões humanas**. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2017.

CJSUBIA. **Relatório final**. Brasília. 2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2504&tp=4>. Acesso em: 28 jan. 2024.

CLEMENTE, Graziella Trindade. ROSENVALD, Nelson. A multifuncionalidade da responsabilidade civil no contexto das novas tecnologias genéticas. **Migalhas**, 2022. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/coluna/migalhas-de-direito-medico-e-bioetica/360773/a-multifuncionalidade-da-responsabilidade-civil>. Acesso em: 14 dez. 2023.

COELHO, Renato. Especialista em ciência da computação da Unesp analisa abaixo-assinado que pede moratória para o desenvolvimento da inteligência artificial. **Jornal da Unesp**. 2023. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2023/04/12/especialista-em-ciencia-da-computacao-da-unesp-analisa-abaixo-assinado-que-pede-moratoria-no-desenvolvimento-da-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 28 jan. 2024.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Administrador de carteira e investidora são punidos pela prática de spoofing**. Rio de Janeiro, 13 mar. 2018. Disponível em <http://www.cvm.gov.br/noticias/arquivos/2018/20180313-2.html>. Acesso em: 12.out. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP – Direito do Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2022.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Livro TOP - Mercado de valores mobiliários brasileiro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2019. p.233.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Processo Administrativo Sancionador Nº 19957.005801/2019-17**. Rel. Dir. Otto Eduardo Fonseca de Albuquerque Lobo. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2023/20231002_PAS_CVM_19957_005801_2019_17_relatorio_diretor_otto_lobo.pdf. Acesso em: 02 nov.2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro. 2018. P.26. Disponível em: https://www.gov.br/cvm/pt-br/assuntos/noticias/anexos/2019/Relatorio_Anual_CVM_2018.pdf-1ec9b5ac200440d9bd06adecdc061ecd. Acesso em: 12.out. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de->

conteudo/publicacoes/relatorios/relatorio-de-gestao-da-cvm/Relatorio_Gestao_CVM_2020.pdf/view. Acesso em: 12.out. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: Relatorio_Anuar_2014.pdf (cvm.gov.br). Acesso em: 10 set.2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/anoar/relatorio-anoar-cvm-2017/view> Acesso em: 11 set. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/cvm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/anoar/relatorio-anoar-cvm-2018/view>. Acesso em: 12 set.2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Relatório anual**. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: http://www.cvm.gov.br/export/sites/cvm/publicacao/relatorio_anoar/anexos/Relatorio_Anuar_2013.pdf. Acesso em: 10. set. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 135/2022**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol135.html>. Acesso em: 15 out. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 35/2021**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol035.html>. Acesso em: 15 out. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM nº 62 de 2022**. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol062.html>. Acesso em: 14 ago. 2023.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Robôs de investimento**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/investidor/pt-br/investir/como-investir/profissionais-do-mercado/robos-de-investimentos>. Acesso em: 30 ago. 2023.

COMMODITY FUTURES TRADING COMMISSION. **Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010**. 2014. Disponível em: <https://www.sec.gov/reportspubs/special-studies/newsstudies2010marketevents-reportpdf>. Acesso em: 10 nov.2023.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Declaração do Rio Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. jun. 1992. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/declaracao_rio_ma.pdf. Acesso em: 16 dez. 2023.

COSTA, David Davidsson Furtado da. Princípio da Precaução e Medidas de Distanciamento Social na Pandemia de Covid-19 à luz do Conceito de Risco em Niklas Luhmann. **Revista Acadêmica da Faculdade de Direito do Recife**. ISSN, p. 2448-2307. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/ACADEMICA/article/view/249702/38244>. Acesso em: 15 out. 2023.

COSTA, Isac Silveira da. **High Frequency trading (HFT) em câmera lenta**: compreender para regular. São Paulo: Almedina, 2020.

COSTA, Isac Silveira da. IA pode ser fundamental para tornar a gestão de risco mais efetiva. **Conjur**. 2023. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-ago-23/fintech-crypto-uso-inteligencia-artificial-gestao-risco>. Acesso em: 10 out. 2023.

CRAWFORD, Kate. **The atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence**. Yale University Press, 2021. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=XvEdEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=kate+crowford+2021&ots=MpHARj7WCx&sig=y8HS0CCLusyDx0mCV8U26iyO17s#v=onepage&q=kate%20crowford%202021&f=false>. Acesso em: 24 abr. 2023.

DASTIN, Jeffrey. Insight: Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. **Reuters**. San Francisco, 10 out. 2018. Disponível em <<https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>>. Acesso em 21 ago.2023.

DATA SCIENCE ACADEMY. **Deep Learning Book**, 2022. Disponível em: <https://www.deeplearningbook.com.br/>. Acesso em: 25. out. 2023.

DE TEFFÉ, Chiara Spadaccini; MEDON, Filipe. Responsabilidade civil e regulação de novas tecnologias: questões acerca da utilização de inteligência artificial na tomada de decisões empresariais. **REI-Revista Estudos Institucionais**, v. 6, n. 1, p. 301-333, 2020. Disponível em: <https://estudosinstitucionais.com/REI/article/view/383>. Acesso em 11 nov. 2022.

DELOITTE. **Artificial Intelligence: The next frontier in investment management**. Disponível em: <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/financial-services/perspectives/ai-next-frontier-in-investment-management.html>. Acesso em: 10 out. 2023.

DIJCK, J. van. Confiamos nos dados? As implicações da datificação para o monitoramento social. **MATRIZES**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 39-59, 2017. DOI: 10.11606/issn.1982-8160.v11i1p39-59. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/matrizes/article/view/131620>. Acesso em: 9 out. 2023.

DIONÍSIO, P. D. H. Princípio da precaução e contradições na regulação do risco: uma análise comparada entre Estados Unidos e Europa. **Regulação 4.0**, São Paulo, v. 1, n. 1, jan./2019. Edição do Kindle. p. 31%. *In*

DIVINO, Sthéfano Bruno Santos. **Teoria procedimental do sujeito de direito e inteligência artificial: a subjetividade jurídica entre ficção e facticidade**. 2022. Tese (Doutorado em Direito) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Disponível em: http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Direito_SthefanoBrunoSantosDivino_29802_TextoCompleto.pdf. Acesso em: 21 set. 2023.

DONEDA, Danilo Cesar Maganhoto *et al.* Considerações iniciais sobre inteligência artificial, ética e autonomia pessoal. **Pensar - Revista de Ciências Jurídicas**, v. 23, n. 4, 2018. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/rpen/article/view/8257/>. Acesso em: 08 ago. 2023.

EUROPEAN COMISSION. **Laying Down Harmonised Rules On Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act) And Amending Certain Union Legislative Acts.** 2021. Disponível em <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence>. Acesso em 07.nov.2022.

FERGUSON, Niall. **The house of Rothschild: money's prophets.** Nova Iorque: Penquin Books, 1998.

FERNANDES, R. G.; OLIVEIRA, L. P. S. A regulação do agir decisório disruptivo no judiciário brasileiro e a observância do princípio da precaução: juiz natural ou "juiz artificial"? **Revista Opinião Jurídica**. v. 19, n. 30, , 2021.

FORGIONI, Paula Andrea. **Os fundamentos do Antitruste.** 5. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012.

FRAZÃO, Ana. Algoritmos e inteligência artificial: repercussões da sua utilização sobre a responsabilidade civil e punitiva das empresas. **Jota**, São Paulo, v. 15, 2018. Disponível em: https://professoraanafrazao.com.br/files/publicacoes/2018-05-16-Algoritmos_e_inteligencia_artificial.pdf. Acesso em: 12 mai. 2023.

FRAZÃO, Ana. Discriminação algorítmica: e o problema do ruído? Porque a mera remoção do ruído não evita julgamentos discriminatórios e incorretos. **Jota Info**, 2021. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/constituicao-empresa-e-mercado/discriminacao-algoritmica-e-o-problema-do-ruido-15092021>. Acesso em: 31 ago.2023

FRAZÃO, Ana. Marco da Inteligência Artificial e os “cisnes digitais” As incertezas podem ser o maior e o melhor motivo para a ação regulatória Parte II. **Jota**, São Paulo. 2022. Disponível em: https://www.professoraanafrazao.com.br/files/publicacoes/2022-01-26-Marco_da_Inteligencia_Artificial_e_os_cisnes_digitais_As_incertezas_podem_ser_o_maior_e_o_melhor_motivo_para_a_acao_regulatoria_Parte_II.pdf. Acesso em: 15 mai. 2023.

FRAZÃO, Ana. Pressupostos e funções da responsabilidade civil subjetiva na atualidade: um exame a partir do direito comparado. **Revista do Tribunal Superior do Trabalho**, São Paulo, v. 77, n. 4, p. 17-43, out./dez. 2011. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/28339>. Acesso em: 10 out. 2023.

FRIDMAN, Lex. **Deep Learning Basics: Indroduction and Overview.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=O5xeyoRL95U>. Acesso em: 19 nov. 2023.

FULLER, Joseph B., RAMAN, Manjari, SAGE-GAVIN, Eva, HINES, Kristen. Hidden Workers: Untapped Talent. White Paper. **Harvard Business School Project on Managing the Future of Work and Accenture.** Boston, MA, September 2021. Disponível em: <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=61232>. Acesso em: 10 out. 2023.

FUTURE OF LIFE. **Pause Giant AI Experiments: An Open Letter.** 2023. Disponível em: <https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

GALLAND Antoine. A história de Aladim, ou A lâmpada maravilhosa. *In: As mil e uma noites*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.

GÓMEZ MONT, C., POZO, C. M. D., PINTO, C. M., & ALCOCER, A. V. M. D. C. **A inteligência artificial a serviço do bem social na América Latina e no Caribe: Panorama da região e retrato de doze países**. Banco Interamericano de Desenvolvimento. 2020. Disponível em: <https://publications.iadb.org/es/la-inteligencia-artificial-al-servicio-del-bien-social-en-america-latina-y-el-caribe-panor%C3%A1mica-regional-e-instant%C3%A1neas-de-doce-paises>. Acesso em: 9 out. 2023.

HAENSEL, Taimi. **Os desafios da regulação do High Frequency Trading no Brasil: uma abordagem prudencial à luz das transformações operadas pela inovação tecnológica no mercado de valores mobiliários**. 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p. 29-30. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956870>. Acesso em: 15 jul. 2023.

HARVEY, David. **Condição pós-moderna**. Tradução de Adail Ubirajarra Sobral e Maria Stela Gonçalves. 21. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2011.

HOBBSAWM, E. J. **A era do capital: 1848-1875**. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.

IBM SECURITY, Cost of a Data Breach Report. 2022. Disponível em: <https://www.ibm.com/downloads/cas/3R8N1DZJ>. Acesso em: 9 out. 2023.

IBM. **O que é machine learning?** Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/machine-learning>. Acesso em: 25. out. 2023.

IOSCO - INTERNATIONAL ORGANIZATION OF SECURITIES COMMISSIONS. **Technical Committee of the International Organization of Securities Commissions. Regulatory Issues Raised by the Impact of the Technological Changes on Market Integrity and Efficiency: Final Report**. FR09/11, cit., p. 20. Disponível em: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD354.pdf>. Acesso em 01 ago. 2023.

ISAACSON, Walter. **Os inovadores: uma biografia da revolução digital**. São Paulo: Companhia das Letras, 2014.

JORNAL DA USP NO AR. **Punição de advogado nos EUA pelo uso indevido do ChatGPT abre discussão sobre o uso da ferramenta**. Rádio USP. 14 jul. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/punicao-de-advogado-nos-eua-pelo-uso-indevido-do-chat-gpt-abre-discussao-sobre-o-uso-da-ferramenta/>. Acesso em: 10 out. 2023.

KAHNEMAN, Daniel; SIBONY, Olivier; SUNSTEIN, Cass. **Noise: A Flaw in Human Judgment**. Nova Iorque: Little Brown Spark, 2021.

KANT, Immanuel. **Crítica da Razão Pura**. Tradução de Alex Martins. São Paulo: Martin Claret. 2003,

KARKOWSKA, Renata; PALCZEWSKI, Andrzej. Does high-frequency trading actually improve market liquidity? A comparative study for selected models and measures. **Research**

in **International Business and Finance**, v. 64, p. 101872, 2023. P.1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531922002586>. Acesso em 25 out. 2023.

KIRILENKO, Andrei; KYLE, Albert S.; SAMADI, Mehrdad; TUZUN, Tugkan. **The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market**. 2014. Disponível em: https://www.cftc.gov/sites/default/files/idc/groups/public/@economicanalysis/documents/file/occe_flashcrash0314.pdf. Acesso em: 10.nov. 2023.

KOTTOW, Miguel et al. História da ética em pesquisa com seres humanos. **RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde**. Rio de Janeiro, v.2. 2008, p.7-18. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/17570/2.pdf;jsessionid=C1FD551C45F2D7CA19F7D63ECBF033DF?sequence=2>. Acesso em: 23 maio 2023.

LACERDA, Bruno Torquato Zampier. **Estatuto Jurídico da Inteligência Artificial: Entre categorias e conceitos, a busca por marcos regulatórios**. Editora Foco, 2022.

LEE, Kai-Fu. **Inteligência Artificial: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos relacionamos, trabalhamos e vivemos**. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2019.

LEWIS, Michael. **Flash boys: revolta em Wall Street**. Rio de Janeiro: Editora Intrínseca, 2014.

LINDOSO, Maria Cristine Branco. Discriminação de gênero em processos decisórios automatizados. 2019. Dissertação (Mestrado em Direito) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019. p.13. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/38524>. Acesso em: 08 ago. 2023.

MACHADO, João Claudio Faria. Princípio da precaução fundamentado na filosofia de Hans Jonas. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, v. 13, n. 24, p. 9-23, 2013. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/csaemrevista/article/view/8879>. Acesso em: 17 nov. 2023.

MEDON, Filipe. **Danos causados por inteligência artificial e a reparação integral posta à prova: por que o Substitutivo ao PL 21 de 2020 deve ser alterado urgentemente?** Migalhas. 2021. Disponível em <https://www.migalhas.com.br/coluna/migalhas-de-responsabilidade-civil/351200/danos-causados-por-inteligencia-artificial-e-a-reparacao-posta-a-prova>. Acesso em: 21 dez. 2023.

MEDON, Filipe; FALEIROS JÚNIOR, José Luiz de Moura. Discriminação Algorítmica de preços, perfilização e responsabilidade civil nas relações de consumo. **Revista de Direito da Responsabilidade**, ano 3, 2021. Disponível em: <https://revistadireitoresponsabilidade.pt/2021/discriminacao-algoritmica-de-precos-perfilizacao-e-responsabilidade-civil-nas-relacoes-de-consumo-jose-luiz-de-moura-faleiros-junior-filipe-medon/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

MOREIRA, Vital. **Auto-Regulação Profissional e Administração Pública**. Coimbra: Almedina, 1997.

MULHOLLAND, Caitlin Sampaio, **A responsabilidade civil por presunção do nexo de causalidade**. Rio de Janeiro: GZ Editora, 2010.

PAGAN, João Walter Gomes. **Uma análise crítica e prática dos robo-advisors no mercado financeiro e de capitais brasileiro**. 2023. Tese (Doutorado em Direito). Escola de Direito da Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/items/233b4aa8-5b71-4eae-9bda-4d5cc0d9bb4e>. Acesso em: 30 nov. 2023.

PARANÁ, Edemilson. A finança digitalizada: informatização a serviço da mundialização financeira. **Nova Economia**, v. 28, p. 245-272, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/zpSQrpspQy5hgFPTwc9j6yd/?lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2023.

PESENTE, Ronaldo. Mercados financeiros. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; **Superintendência de Educação a Distância**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/30851>. Acesso em: 11 out. 2023.

PIMENTA, Eduardo Goulart. CRUZ, Thays Murta dos Santos. Precaução e inovação: uma análise da regulação de riscos no uso da inteligência artificial. **Revista de Direito Empresarial - RDemp**. ano 20, n. 1. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://www.forumconhecimento.com.br/v2/revista/P132>. Acesso em: 20 jul. 2023.

PIMENTA, Eduardo Goulart. **Direito societário**. 4. ed. Belo Horizonte: Ed. do Autor, 2022.

PIMENTA, Eduardo Goulart. **Direito societário**. 5. ed. Belo Horizonte: Ed. do Autor, 2023.

REINALDO FILHO, Demócrito. A proposta regulatória da União Europeia para a inteligência artificial (3ª. parte) – Sistemas de alto risco. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 26, n. 6.563, 20 jun. 2021. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/91363>. Acesso em: 12 dez. 2022.

REIS, Ricardo. **Poesia**, edição Manuela Parreira da Silva. Lisboa: Assírio & Alvim, 2000.

RODOTÁ, Stefano. A vida na sociedade de vigilância: a privacidade hoje. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

RODRIGUES, Bruno Alves. **A inteligência artificial no poder judiciário e a convergência com a consciência humana para a efetividade da justiça**. Thomson Reuters, Revista dos Tribunais, 2021.

ROSENVOLD, Nelson. **As funções da responsabilidade civil**. São Paulo. Atlas, 2013.

ROSENVOLD, Nelson; FARIAS, Cristiano Chaves de; NETTO, Felipe Peixoto Braga. **Novo Tratado de Responsabilidade Civil**. São Paulo: Atlas, 2015.

ROSENVOLD, Nelson; JÚNIOR, José Luiz de Moura Faleiros. Answerability e seus reflexos para a responsabilização civil. **Revista IBERC**, v. 6, n. 3, p. IV-X, 2023. Disponível em: <https://revistaiberc.responsabilidadecivil.org/iberc/article/view/284>. Acesso em: 13 out. 2023.

RUSSELL, Stuart Jonathan. PETER, Norvig. **Inteligência artificial**. Tradução de Regina Célia Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

RUSSELL, Stuart. **Inteligência Artificial a nosso favor: como manter o controle sobre a tecnologia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2021.

SANTOS, Renan Gauthier Cardoso dos. O espaço em Kant e suas influências na definição do conceito de região em alfred hettner e richard hartshorne. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, n. 1, p. 185, 2009. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/549/3592>. Acesso em 13 mar. 2023.

SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION. **Concept Release on Equity Market Structure**. File n. S7-02-10. Release 34-61358. Washington, 14 Jan. 2010. Disponível em: <https://www.sec.gov/rules/concept/2010/34-61358.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2023.

SILVA, Vinicius Miranda da. **Big Data: Definição e Um Breve Histórico**. Medium, 19 fev. 2019. Disponível em <https://medium.com/@stratiobd/big-data-defini%C3%A7%C3%A3o-e-um-breve-hist%C3%B3rico-a389abcf6a3>. Acesso em 03.out.2023.

SOUZA, Wendell Lopes Barbosa de Souza. A responsabilidade civil objetiva genérica fundada na atividade de risco. Dissertação (Mestrado em Direito), PUC/SP. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/8493>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SUNSTEIN, R. W. H.C. R. The Precautionary Principle as a Basis for Decision Making. **The Economists' Voice**, Chicago, v. 2, n. 2, p. 6, mai. /2005. Disponível em: <https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/29998410/PrecautionaryPrinciple.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 nov. 2023.

TEIXEIRA DE TOLEDO, A.; MENDONÇA, M. A aplicação da inteligência artificial na busca de eficiência pela administração pública. **Revista do Serviço Público**, [S. l.], v. 74, n. 2, p. 410-438, 2023. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/6829>. Acesso em: 9 out. 2023.

US Berkeley. **What is Machine Learning (ML)?** 26.jun. 2020. Disponível em: <https://ischoolonline.berkeley.edu/blog/what-is-machine-learning/>. Acesso em: 24. out. 2023.

WEDY, Gabriel de Jesus Tedesco. A aplicação do princípio da precaução deve ser proporcional. **Conjur**, 2014. Disponível em <https://www.conjur.com.br/2014-jul-22/gabriel-wedy-aplicacao-principio-precaucaoproporcional?pagina=3>. Acesso em 02 jan. 2023.

WINGSPREAD STATEMENT ON THE PRECAUTIONARY PRINCIPLE, Jan. 1998. Disponível em: <https://www.sehn.org/sehn/wingspread-conference-on-the-precautionary-principle>. Acesso em: 21 mai.2023.