

**INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO, DESENVOLVIMENTO E PESQUISA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM DIREITO**  
**DOUTORADO EM DIREITO CONSTITUCIONAL**

LEANDRO OLIVEIRA GOBBO

***SMART CONTRACTS* E O DIREITO CONTRATUAL BRASILEIRO**

**BRASÍLIA**

**2022**

LEANDRO OLIVEIRA GOBBO

***SMART CONTRACTS E O DIREITO CONTRATUAL BRASILEIRO***

Tese de Doutorado desenvolvida sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Freitas Filho e apresentada ao PPGD/IDP como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Direito Constitucional.

**BRASÍLIA**

**2022**

LEANDRO OLIVEIRA GOBBO

***SMART CONTRACTS E O DIREITO CONTRATUAL BRASILEIRO***

Tese de Doutorado desenvolvida sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Freitas Filho e apresentada ao PPGD/IDP como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Direito Constitucional.

Junho de 2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Roberto Freitas Filho**

Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa  
Orientador

---

**Prof. Dr. Othon de Azevedo Lopes**

Universidade de Brasília  
Membro Externo

---

**Prof. Dr. José Reinaldo de Lima Lopes**

Universidade de São Paulo  
Membro Externo

---

**Prof. Dr. Ricardo Morishita Wada**

Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa  
Membro Interno

O mundo não está perecendo como os pregadores da catástrofe acreditam, e a salvação do mundo, como invocado pelos defensores otimistas do progresso, também não é iminente. Pelo contrário, o mundo está passando por uma metamorfose surpreendente, mas compreensível, por meio da transformação do horizonte de referência e das coordenadas de ação, que são tacitamente assumidas como constantes e imutáveis pelas posições mencionadas.

*Ulrich Beck, The Metamorphosis of the World.*

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| INTRODUÇÃO.....   | 8   |
| 1. O QUE SÃO <i>SMART CONTRACTS</i> ? .....   | 27  |
| 1.1. O <i>blockchain</i> .....  | 43  |
| 1.2. Relação entre <i>blockchain</i> e <i>smart contracts</i> .....   | 61  |
| 1.3. Aplicabilidade prática dos <i>smart contracts</i> .....  | 69  |
| 1.4. A natureza jurídica dos <i>smart contracts</i> .....   | 79  |
| 2. A DISRUPÇÃO DOS <i>SMART CONTRACTS</i> NO DIREITO CONTRATUAL.....  | 90  |
| 2.1. As alterações dos incentivos econômico-comportamentais do direito contratual<br>93   |     |
| 2.2. Problemas relacionados à formação e instrumentalização dos contratos .....   | 111 |
| 2.2.1. Contratantes <i>versus</i> chaves criptográficas e a questão do anonimato ....   | 114 |
| 2.2.1. Linguagem formal e falta de compreensão e flexibilidade.....   | 124 |
| 2.2.1. Riscos técnicos, <i>hard forks</i> e governabilidade do <i>blockchain</i> .....  | 136 |
| 2.2.2. Usos ilícitos, regulação do <i>blockchain</i> e a desintermediação ilusória....  | 144 |
| 2.2.3. Vícios de consentimento e perda da capacidade de contratar .....   | 159 |
| 2.2.4. Intangibilidade territorial, conflitos entre contratantes e resolução de<br>disputas em <i>smart contracts</i> .....       | 166 |
| 2.3. A aniquilação da adjudicação, da revisão, da integração <i>ex post</i> e da rescisão<br>dos contratos .....                  | 176 |
| 2.3.1. Judicialização de <i>smart contracts</i> e consequências da mitigação da<br>adjudicação <i>ex post</i> dos contratos ..... | 185 |
| 2.3.2. Automação negativa em contratos de consumo e <i>contractware</i> .....   | 197 |
| CONCLUSÕES .....  | 204 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 212 |

## RESUMO:

Esta tese tratou dos *smart contracts* e respondeu um problema de pesquisa fundamental: quais são as disrupções causadas pelos *smart contracts* no direito contratual brasileiro. O estudo explorou as consequências destas disrupções e soluções potenciais para as principais questões encontradas, bem como sugeriu formas de ajustar o direito e a regulação aos *smart contracts*. Foi utilizada técnica de pesquisa bibliográfica, jurisprudencial e análise de legislação, com viés qualitativo e utilizando o método hipotético-dedutivo. Os objetivos específicos foram: identificar as similaridades e divergências funcionais dos *smart contracts* em relação aos contratos tradicionais; analisar em quais pontos as características dos *smart contracts* geram efeitos jurídicos contrários às expectativas sistêmicas constitucionais e legais aplicáveis aos negócios jurídicos e aos contratos; desenvolver uma análise em potencial, com critério normativo, para delineamento de ajuste do direito dos contratos que acolha a realidade dos *smart contracts* e garanta o cumprimento dos princípios considerados estruturantes do sistema jurídico contratual brasileiro; e, explorar as consequências legais dos *smart contracts*, dado o cenário atual de uso e funcionalidade. Concluiu-se que os *smart contracts* implicam significativos impactos no direito contratual, especialmente relacionados ao anonimato, à linguagem formal e à impossibilidade de revisão *ex post*, com a certeza de que a expansão do uso do instrumento requererá significativos ajustes legislativos e exercícios de regulamentação supranacional.

Palavras-chave: *Smart contracts*, contratos inteligentes, direito dos contratos, *blockchain*, disrupção.

## **ABSTRACT:**

This thesis discussed smart contracts and answered one fundamental research problem: what are the disruptions caused by smart contracts in Brazilian contract law. The study explored the consequences of these disruptions and potential solutions to the main issues encountered, as well as suggested ways to adjust the law and regulation considering the use of smart contracts. A bibliographic and jurisprudential research technique and legislation analysis were used, with a qualitative bias and using the hypothetical-deductive method. The specific objectives were: to identify the functional similarities and differences of smart contracts in relation to traditional contracts; analyze at which points the characteristics of smart contracts generate legal effects contrary to the constitutional and legal systemic expectations applicable to legal transactions and contracts; to develop a potential analysis, with normative criteria, to design the adjustment of contract law that embraces the reality of smart contracts and guarantees compliance with the principles considered structuring of the Brazilian contractual legal system; and, explore the legal consequences of smart contracts, given the current usage and functionality scenario. It was concluded that smart contracts imply significant impact to contract law, especially related to anonymity, formal language and the impossibility of *ex post* review, with the certainty that the expansion of the use of the instrument will require significant legislative adjustments and exercises of supranational regulation.

Keywords: Smart contracts, contract law, blockchain, disruption.

## INTRODUÇÃO

É manhã – você abre seus olhos. Alguma coisa diferente chama sua atenção, mas você não consegue identificar imediatamente o que é.

Tendo acordado nesta mesma cama e no mesmo horário há anos, você está acostumado com todos os detalhes deste lugar, seu quarto. A firmeza do colchão, o balançar da cortina, a suave luz do sol que ainda está por nascer... A LUZ DO SOL! O sol está alto e um feixe bate diretamente no seu olho, obrigando que você vire o rosto – claramente você está atrasado. Muito atrasado. E justamente hoje, quando você tinha uma importante apresentação no trabalho. Seu chefe não te demitiria por isso. Demitiria?

O que aconteceu com o alarme?

Com pressa, você pega o celular para confirmar o que já sabe no seu estômago e a tela o ignora sumariamente. A tela sempre liga quando você pega o celular. Você tenta apertar o botão de ligar – nada.

O celular está plugado no carregador, que está plugado na tomada, como você o deixa todos os dias há anos. Você testa tirar e recolocar o carregador na tomada, e uma mensagem aparece na tela:





Então você se lembra: decidiu comprar o novo iPhone 25 com um desconto de 30% e pagando utilizando suas criptomoedas. Todos que optaram pela aquisição na forma de um *smart contract* ganharam o mesmo desconto. Lembra-se na mesma hora das regras deste tipo de contrato: em caso de inadimplência, o telefone é automaticamente bloqueado.

Ainda que a inadimplência tenha ocorrido por um erro do sistema, ainda que haja um excelente motivo para que o pagamento não tenha sido feito – nenhuma ligação, notificação ou medida, judicial ou de outra natureza, é capaz de desbloquear o telefone, exceto o pagamento, feito automaticamente da sua carteira eletrônica.

Não importa se você acredita que está correto ou se tem um bom argumento: não há recurso. Não há como pedir a emissão de um novo boleto. Não há a quem recorrer, em verdade – o judiciário não tem possibilidade fática de intervir no *blockchain* aberto e distribuído. O máximo que você conseguiria seria a reparação em danos futuros, caso uma violação contratual seja identificada.

A escolha foi sua em realizar o negócio, e você conhecia os riscos deste tipo de contrato, logo, o que aconteceu foi justo... certo?

*Smart contracts*, *blockchain* e criptoativos são apresentados, a depender da fonte, como inovações transformativas que vão garantir o próximo passo na evolução tecnológica de negócios da humanidade, ou ferramentas opressivas utilizadas por fraudadores e traficantes de narcóticos. Histórias de terror misturam-se com empolgantes números cada vez maiores e participação e envolvimento de grandes empresas e governos.

Se a pequena anedota introdutória não lhe convenceu, oferecemos duas histórias reais: em 2021, depois de dez tentativas, restavam ao programador alemão Stefan Thomas mais duas chances de acertar a senha de sua carteira *blockchain* que continha o total de US\$ 240 milhões em criptoativos. Ele conta que depois de anos, conseguiu “ficar em paz” com o que perdeu (ONANUGA, 2021). Em 2013, James Howells ofereceu à prefeitura de sua cidade o valor de US\$ 71 milhões para escavar o aterro sanitário local para tentar encontrar seu *hard drive* contendo o registro de todos os seus criptoativos. A prefeitura não aceitou (KOLIRIN, 2021).

Por outro lado, quando se analisa as posições favoráveis, o clamor quanto à relevância e impacto dos *smart contracts* é hiperbólico: para além da mencionada revolução (CLOHESSY, ACTON e ROGERS, 2019, p. 48) e surgimento de um novo padrão de negócios (UNSWORTH, 2019, p. 20), já se defendeu que a tecnologia tem a

possibilidade de “alterar fundamentalmente a maneira como pessoas organizam seus negócios” (WRIGHT e DE FILIPPI, 2015, p. 3), que “há um consenso de que [os *smart contracts*] são bons para o mercado e para os consumidores” (CUTTS, 2019, p. 393) e, no limite, afirmou-se que “os benefícios potenciais [...] estendem-se aos campos político, humanitário, social e científico” (SWAN, 2015, p. 10).












Há, sem dúvida, um certo consenso entre empresários e especialistas no sentido de que os *smart contracts* têm a capacidade de reorganizar a dinâmica de poder entre participantes do mercado e grandes intermediários, e antecipa-se disrupção de indústrias como saúde, alimentação, mercado financeiro, governos e turismo na próxima década (CLOHESSY, ACTON e ROGERS, 2019, p. 48). Neste sentido, pelo seu amplo espectro de usos de uma forma radicalmente diferente de processar negócios jurídicos, prevê-se implicações radicais (CUNNINGHAM, 2016, p. 237), inclusive com a substituição prática de parte do mercado contratual por *smart contracts* (BYRNE, 2016).

No Brasil, citem-se as afirmações de contratos “com custos que beiram a gratuidade” (BARBOSA, 2020, p. 55) e com características positivas como confiança, segurança, redução de custos e aumento da eficiência (KÄERCHER, 2019, p. 54-55).











De fato, o debate e a análise internacionais sobre *smart contracts* e *blockchain* são extremamente intensos – desde 2018, conferências relacionadas a finanças e contabilidade, independentemente do continente, inevitavelmente trazem um bloco sobre estes assuntos entre os três tópicos mais relevantes em discussões (SMITH, 2020, p. 37).

As comparações da capitalização de mercado do Bitcoin, que serviu como prova de teste para o *blockchain* que viabilizou os *smart contracts* mas, ainda mais relevante, do Ethereum, sistema criada especialmente com o propósito de servir como uma plataforma para *smart contracts*, com as moedas fiduciárias e com as maiores empresas do mundo servem como comprovação visual da relevância presente dos *smart contracts* na economia mundial:

**Tabela 1 – Comparação da capitalização total do Ethereum com as moedas fiduciárias mundiais<sup>1</sup>**




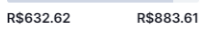

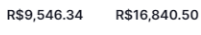













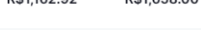

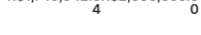












| #  | Nome   | Preço      | Cap. de Mercado |
|----|--|------------|-----------------|
| 1  |  Chinese Yuan CNY         | 255 sats   | 599,438,979 BTC |
| 2  |  United States Dollar USD | 1,635 sats | 350,100,234 BTC |
| 3  |  Euro EUR                 | 1,888 sats | 267,299,660 BTC |
| 4  |  Japanese Yen JPY         | 14 sats    | 219,122,069 BTC |
| 5  |  Pound Sterling GBP       | 2,205 sats | 76,143,712 BTC  |
| 6  |  South Korean Won KRW     | 1 sats     | 65,941,180 BTC  |
| 7  |  Indian Rupee INR         | 21 sats    | 42,963,685 BTC  |
| 8  |  Canadian Dollar CAD     | 1,313 sats | 40,779,145 BTC  |
| 9  |  Hong Kong Dollar HKD   | 210 sats   | 33,844,404 BTC  |
| 10 |  Australian Dollar AUD  | 1,209 sats | 31,214,688 BTC  |
| 11 |  New Taiwan Dollar TWD  | 58 sats    | 30,966,768 BTC  |

<sup>1</sup> A medida “sat” é menor divisão possível de um Bitcoin, o equivalente a um centavo de real. A medida BTC é, simplesmente, conversão para a moeda Bitcoin.

| # - | Nome   | Preço            | Cap. de Mercado |
|-----|--|------------------|-----------------|
| 12  |  Brazilian Real <b>BRL</b>    | 292 sats         | 24,899,025 BTC  |
| 13  |  Swiss Franc <b>CHF</b>       | 1,790 sats       | 20,736,396 BTC  |
| 14  |  Bitcoin <b>BTC</b>           | 100,000,000 sats | 18,861,421 BTC  |
| 15  |  Russian Ruble <b>RUB</b>     | 22 sats          | 13,904,029 BTC  |
| 16  |  Thai Baht <b>THB</b>         | 49 sats          | 11,535,430 BTC  |
| 17  |  Mexican Peso <b>MXN</b>      | 79 sats          | 10,172,209 BTC  |
| 18  |  Saudi Riyal <b>SAR</b>       | 436 sats         | 9,866,957 BTC   |
| 19  |  Swedish Krona <b>SEK</b>     | 190 sats         | 9,003,883 BTC   |
| 20  |  Singapore Dollar <b>SGD</b> | 1,209 sats       | 8,896,925 BTC   |
| 21  |  Ethereum <b>ETH</b>        | 7,305,986 sats   | 8,636,157 BTC   |

*Tabela obtida do site [coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com) em novembro de 2021.*

**Tabela 2 – Comparação da capitalização total do Ethereum com as maiores empresas do mundo**

| # - | Nome   | Price           | 24h      | 1y Low / High  | Market Cap            |
|-----|--|-----------------|----------|--|-----------------------|
| 1   |  Microsoft Corporation MSFT                               | R\$1,882.86     | ▲ 0.35%  |  R\$1,169.61 R\$1,888.65               | R\$14,136,474,650,070 |
| 2   |  Apple Inc. AAPL  | R\$850.01       | ▼ 0.14%  |  R\$632.62 R\$883.61                   | R\$13,945,638,283,536 |
| 3   |  Alphabet Inc. GOOG                                       | R\$16,726.61    | ▲ 1.4%   |  R\$9,546.34 R\$16,840.50              | R\$11,094,941,072,307 |
| 4   |  Alphabet Inc. GOOGL                                      | R\$16,675.31    | ▲ 1.22%  |  R\$9,518.25 R\$16,826.40              | R\$11,075,404,066,351 |
| 5   |  Amazon.com, Inc. AMZN                                    | R\$19,443.75    | ▲ 2.35%  |  R\$16,187.76 R\$21,200.18             | R\$9,860,855,984,292  |
| 6   |  Tesla, Inc. TSLA   | R\$6,958.88     | ▲ 2.13%  |  R\$2,225.21 R\$6,986.92               | R\$6,988,528,726,888  |
| 7   |  Bitcoin BTC  | R\$343,951.88   | ▼ 1.53%  |  R\$79,236.82 R\$376,068.46            | R\$6,488,205,009,888  |
| 8   |  Meta Platforms, Inc. FB                                  | R\$1,878.14     | ▲ 0.61%  |  R\$1,374.41 R\$2,159.47               | R\$5,224,536,598,040  |
| 9   |  NVIDIA Corporation NVDA                                 | R\$1,648.11     | ▲ 11.12% |  R\$649.90 R\$1,681.53                | R\$4,107,081,426,010  |
| 10  |  Berkshire Hathaway Inc. BRK-B                          | R\$1,606.01     | ▼ 0.84%  |  R\$1,162.92 R\$1,658.00             | R\$3,637,227,037,891  |
| 11  |  Berkshire Hathaway Inc. BRK-A                          | R\$2,419,086.91 | ▼ 0.86%  |  R\$1,749,042.5R\$2,500,366.0<br>4 0 | R\$3,636,153,636,723  |
| 12  |  Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited TSM | R\$642.73       | ▲ 0.5%   |  R\$487.15 R\$798.99                 | R\$3,333,221,047,232  |
| 13  |  Berkshire Hathaway Inc. BRKA                           | R\$1,917,471.69 | ▼ 0.51%  |  R\$1,900,412.4R\$1,931,209.6<br>5 5 | R\$3,160,242,535,604  |
| 14  |  Berkshire Hathaway Inc. BRKB                           | R\$1,277.55     | --       |  - -                                 | R\$3,017,558,986,869  |
| 15  |  Ethereum ETH   | R\$25,135.05    | ▼ 1.15%  |  R\$2,232.04 R\$26,211.20            | R\$2,971,128,504,288  |
| 16  |  JPMorgan Chase & Co. JPM                               | R\$937.89       | ▼ 1.89%  |  R\$567.50 R\$971.83                 | R\$2,771,746,622,105  |
| 17  |  Visa Inc. V  | R\$1,176.19     | ▲ 0.61%  |  R\$1,083.36 R\$1,419.70             | R\$2,567,508,575,021  |

*Tabela obtida do site [coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com) em novembro de 2021.*

Como pode ser observado, em capitalização, o *blockchain* Ethereum seria a décima quinta maior empresa do planeta, com capitalização superior ao JPMorgan e Visa, e a vigésima primeira maior moeda, apenas três vezes menor que todos os reais emitidos pelo governo brasileiro. Apesar de possuir funcionamento diverso de empresas e moedas

fiduciárias, mais próximo de um ativo, as comparações acima são legítimas, especialmente a comparação com moedas fiduciárias, para demonstrar o impacto financeiro já existente e, conseqüentemente, potencial expectativa de aumento progressivo no seu uso e utilidade.

Simultaneamente, o mercado parece demonstrar que também acredita na relevância do tema: em 2020, a empresa americana Nvidia adquiriu a britânica Arm Limited por US\$40 bilhões, em uma transação relacionada à inteligência artificial em *blockchains* (NVIDIA PRESS RELEASE, 2020), enquanto a Microsoft se uniu à organização OpenAI e anunciou o supercomputador mais poderoso do mundo, a ser utilizado para treinar os modelos de inteligência artificial na linguagem GPT-3, um dos modelos mais avançados para a potencial criação de textos em *smart contracts* (SCOTT, 2020).

Relembre-se, entretanto, que há vários céticos quanto ao futuro da tecnologia<sup>2</sup>, inclusive com relação aos seus impactos sociais e institucionais<sup>3</sup>.

Assim, analisar a disrupção dos *smart contracts* no direito e verificar como ele pode ser adaptado para a nova realidade parecem ser esforços socialmente relevantes e impactantes, especialmente diante da reduzida produção acadêmica jurídica sobre o tema no Brasil.

*Smart contracts*, teorizados por Szabo (1994), são programas de computador, escritos em linguagem formal, que têm como função viabilizar a realização de negócios diferidos no tempo por meio da automação da sua execução. Como se verá, sua adoção vem ocorrendo de forma progressiva em diversos mercados, especialmente finanças e grandes corporações, com esperado aumento gradativo na utilização pelos consumidores e governos nos próximos anos e projeções de alcance da ubiquidade no uso até o ano de 2036 (SCHNEIDER, BLOSTEIN, *et al.*, 2016).

Os objetivos funcionais dos *smart contracts* são similares aos de contratos, entretanto, divergências significativas na execução alteram substancialmente os casos de uso, riscos e vantagens, causando potenciais impactos no direito contratual, o que se pretende analisar nesta tese.

---

<sup>2</sup> Ver Schneider (2019) e Stinchcombe (2018), sendo que este último argumenta que "não existe uma única pessoa que tivesse um problema que quisesse resolver, descobriu que uma solução de blockchain disponível era a melhor maneira de resolvê-lo e, portanto, tornou-se um entusiasta do blockchain." Tradução livre do original: "there is no single person in existence who had a problem they wanted to solve, discovered that an available blockchain solution was the best way to solve it, and therefore became a blockchain enthusiast."

<sup>3</sup> Ver Verstraete (2019).

Este estudo responderá um problema de pesquisa fundamental: quais são as disrupções causadas pelos *smart contracts* no direito contratual brasileiro. Exploraremos as consequências destas disrupções e soluções potenciais para as principais questões encontradas, bem como sugeriremos formas de ajustar o direito e a regulação aos *smart contracts*.

O início do estudo se relaciona com uma teoria legal positiva, descritiva em seu caráter, mas que servirá de suporte para analisar consequências e sugerir conclusões de caráter majoritariamente normativo, eis que de fato, muitos argumentos normativos são parcialmente dependentes de fatos determinados de forma positiva (VERMEULE, 2008). No caso, a comparação qualitativa dos conceitos necessita, diretamente, da identificação dos parâmetros divergentes entre eles para que a contraposição possa ser realizada.

Como se verá, a comunidade jurídica internacional tem se debruçado com muita frequência sobre o assunto nos últimos anos, tentando analisar os *smart contracts* sob diversas perspectivas. Parece-nos que há espaço para maior estruturação do assunto, especialmente sob a perspectiva do direito brasileiro. Outra potencial lacuna científica diz respeito à maneira como o tema é enfrentado pelos juristas: em muitas publicações<sup>4</sup>, o foco volta-se a identificar “se um *smart contract* é um contrato”<sup>5</sup> quando, outra pergunta interessante sob uma perspectiva prática se relaciona às maneiras que os *smart contracts* interagem com o direito<sup>6</sup>.

Os *smart contracts* não serão submetidos às formas pré-determinadas das legislações tradicionais, mas sim as legislações deverão ser moldadas para, de um lado, viabilizar a execução segura dos *smart contracts* e, de outro, domar as externalidades negativas e riscos inerentes a novas tecnologias, protegendo as partes hipossuficientes quando for o caso e garantindo a aplicação dos princípios constitucionais fundamentais estruturantes do direito brasileiro.

*Smart contracts* são um fato social, real, pragmático, que acontece neste exato segundo e, provavelmente, continuará acontecendo. O sentido de um contrato é social, e o sentido de um *smart contract*, igualmente, é socialmente contingente (GRIMMELMANN, 2019, p. 3). Tecnologias disruptivas, por natureza, tendem a não se

---

<sup>4</sup> Especialmente, sobre a abordagem mencionada, ver Capisizu (2019), Cvetkovic (2019), Green (2018) e Luesley (2019).

<sup>5</sup> “A pergunta mais comum associada ao conceito de *smart contracts* é: eles são contratos ou não?” Tradução livre do original: “The most common question associated with the concept of *smart contracts* is: are they contracts or not?” (CAPISIZU, 2019, p. 661)

<sup>6</sup> Alguns estudos partem de premissas semelhantes a essa. Ver Savelyev (2017) e Verstraete (2019).

enquadrar naturalmente nas ideias conceituais jurídicas pré-formadas – vide, por exemplo, a questão do Uber e da legislação trabalhista, discutida mundialmente.

Reconhecemos que, quando pensamos em realizar a análise de uma tecnologia novel e em franco desenvolvimento, é difícil construir uma estrutura científica analítica sólida. Ainda assim, acreditamos que há possibilidade de desenvolvimento de um estudo que consiga identificar os pontos estruturalmente comuns de conflitos e soluções dos *smart contracts* em relação ao direito dos contratos, em espírito similar ao de Savigny (1831, p. 38-39) que, mesmo reconhecendo as peculiaridades do direito, buscava encontrar os ‘triângulos’ básicos da norma jurídica<sup>7</sup>. Igualmente, Foucault, quando discute a normalização dos saberes, mesmo sob uma perspectiva crítica, reconhece a chamada normalização dos saberes entre si, para “derrubar as barreiras do segredo e das delimitações geográficas e técnicas, em resumo, tornar intercambiáveis não só os saberes, mas também aqueles que os detêm” (2002, p. 215-216).

Ao fazê-lo, a academia ocupa um importante espaço de debate de um instrumento que (i) está em desenfreada expansão, gerando todo tipo de inesperada e não analisada mutação na sociedade; e, (ii) não foi deliberadamente moldado tendo em vista as políticas públicas e os interesses sociais desejados.

---

<sup>7</sup> “O código, então, como está planejado para ser a única autoridade-lei, deve conter de fato, por previsão, uma decisão para cada caso que possa surgir. [...] Mas quem quer que tenha estudado casos jurídicos com atenção, verá logo que esse empreendimento deve falhar, porque positivamente não há limites para as variedades das reais combinações de circunstâncias. Em todos os novos códigos, de fato, desistiu-se de toda aparente tentativa de obter essa perfeição material, sem, entretanto, pôr-se algo em seu lugar. Mas, com certeza, há uma perfeição de um tipo diferente, que pode ser ilustrada por uma expressão técnica de geometria. A saber, em todo triângulo existem dados certos de cujas relações todo o resto deve ser necessariamente deduzido; desse modo, dados dois lados e o ângulo incluído, todo o triângulo estará dado. Da mesma maneira, toda parte de nossa lei tem pontos pelos quais o resto pode ser dado; podem ser chamados de axiomas principais. Distinguir estes e deduzir deles a conexão interna, e o grau exato de afinidade que subsiste entre todas as regras e ideias jurídicas, está entre os problemas mais difíceis da jurisprudência. De fato, é isso, em especial, que dá a nossos trabalhos o caráter científico.” Tradução livre do original: “The code, then, as it is intended to be the only law-authority, is actually to contain, by anticipation, a decision for every case that may arise. This has been often conceived, as if it were possible and advantageous to obtain, by experience, a perfect knowledge of the particular cases, and then to decide each by a corresponding provision of the code. But whoever has considered law-cases attentively, will see at a glance that this undertaking must fail, because there are positively no limits to the varieties of actual combinations of circumstances. In all the new codes, indeed, all appearance of an attempt to obtain this material perfection has been given up, without, however, establishing any things in its stead. But there is certainly a perfection of a different kind, which may be illustrated by a technical expression of geometry. In every triangle, namely, there are certain data, from the relations of which all the rest are necessarily deducible: thus, given two sides and the included angle, the whole triangle is given. In like manner, every part of our law has points by which the rest may be given: these may be termed the leading axioms. To distinguish these, and deduce from them the internal connection, and the precise degree of affinity which subsist between all juridical notions and rules, is amongst the most difficult of the problems of jurisprudence. Indeed, it is peculiarly this which gives our labors the scientific character.”



Esse espaço de debate e discussão de um objeto em movimento é importante, porque pode servir de suporte para o desenvolvimento do próprio objeto e da resposta política ao mesmo, tendo em vista o substancial atraso que existe (O'SHIELDS, 2017, p. 189) entre a adoção de uma tecnologia e os ajustes legais e políticos para acomodá-lo.

A análise deve partir da identificação da disrupção para uma legislação que garanta e incentive o desenvolvimento de novas tecnologias úteis, utilizando os conceitos já existentes, quando for possível, e moldando a legislação aos fatos sociais, criando um novo direito, e, quando necessário, regulando e coibindo os efeitos indesejados. Para isso, precisa-se definir, funcionalmente, os *smart contracts* e os contratos; em seguida, é necessário comparar estes institutos.

A análise comparativa – antiga legislação *versus* inovação tecnológica – é absolutamente pertinente, e deve ser realizada não com o objetivo de necessariamente enquadrar o disruptivo ao clássico, mas de analisar a compatibilidade e evoluir o clássico para acolher o disruptivo, garantindo, ainda, os princípios basilares do ordenamento jurídico em questão, especialmente os de teor constitucional.

O fato de que, olhando de certo ângulo, os *smart contracts* possuem similaridades com os contratos de adesão, por exemplo, não permite de nenhuma forma que se tente aplicar, indiscriminadamente, as regras dos contratos de adesão aos *smart contracts*. Este instrumento, como outras tecnologias que possuem caráter disruptivo, é composto de um sem-número de particularidades que o aproxima, mas também o distancia, dos institutos já existentes. Nesse sentido, a comparação com os institutos tradicionais é, simultaneamente, necessária para permitir segurança e estabilidade no seu uso social, e perigosa para a inovação se parte de uma intenção de colocar o novo formato dentro de uma caixa que, simplesmente, não comporta aquela forma.

Em última instância, a pergunta “um *smart contract* é um contrato?” esconde em si o real significado que se busca analisar: um *smart contract* realiza funções similares àquelas tradicionalmente realizadas pelos contratos? E, caso positivo, de que maneira a legislação atual relaciona-se com estas funções e com sua operacionalização, e em quais aspectos esta legislação precisa mudar para viabilizar os *smart contracts* e proteger a sociedade das consequências negativas desta disrupção?

Potencialmente, poder-se-ia considerar a possibilidade de que, se os *smart contracts* funcionam de forma fundamentalmente diferente dos contratos jurídicos tradicionais e do direito contratual, então não caberia aos juristas discutirem o assunto, tratando-se de mera forma, vestimenta tecnológica para a execução de termos contratuais,

e as tentativas de enquadramento à natureza contratual decorrem, em verdade, da escolha terminológica de Szabo (1994): poderiam os *smart contracts* se chamar ‘bots de execução automática’ e, talvez, os cientistas do direito se importariam um pouco menos com o tema.

Ocorre, entretanto, que a exploração do conteúdo funcional da expressão ‘*smart contract*’ e seus impactos no direito são relevantes no contexto jurídico, na medida em que os *smart contracts* são usados em situações em que, no passado, um contrato seria utilizado (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 363), de maneira que ainda estarão nominalmente sujeitos à lei contratual. Os *smart contracts* são, sem dúvida, uma espécie de negócio jurídico capaz de criar, modificar ou extinguir direitos juridicamente relevantes. Daí porque o seu impacto disruptivo no direito precisa de análise: surgem novos riscos e novas vantagens.

Assim, a pergunta de pesquisa ocupa-se de analisar estas questões, adentrando nos mecanismos operacionais e funcionais dos contratos e dos *smart contracts*, analisando o funcionamento dos *smart contracts*.

Parte-se da sistematização conceitual e terminológica dos *smart contracts*, para analisar: para que eles servem e como funcionam? Suas características, como a imutabilidade, a descentralização e o anonimato, criam quais tipos de riscos jurídicos novos ou acentuados em relação aos contratos tradicionais?

As questões tomam um novo formato quando vistas diante do direito brasileiro – legislação e jurisprudência. Em qualquer sociedade, o contrato é uma tecnologia jurídica que existe para solucionar um problema de mútua confiança em transações diferidas no tempo, entretanto, os problemas de formação, cumprimento e execução dos contratos não são homogêneos de país a país (ARAÚJO, 2007) e problemas que são irrelevantes ou pouco impactantes, mas solucionados pelos *smart contracts*, podem tornar o instituto especialmente transformativo no contexto de um país – seja pelas características de seu mercado de consumo, governo ou cenário empresarial.

Neste sentido, a pergunta envolve uma questão normativa que deve ser respondida em relação, especificamente, ao sistema jurídico brasileiro, sob a sombra da Constituição Federal de 1988 e dos microssistemas legislativos.

A fim de alcançar os objetivos gerais, são objetivos específicos deste estudo:

- (i) Identificar as similaridades e divergências funcionais dos *smart contracts* em relação aos contratos tradicionais;

- (ii) Descobrir de que maneiras as particularidades dos *smart contracts*, especialmente a automação da execução, escapam dos tradicionais elementos e requisitos contratuais, gerando necessidade de adequação da legislação;
- (iii) Analisar em quais pontos as características dos *smart contracts* geram efeitos jurídicos ‘ilegais’ ou ‘inconstitucionais’, ou seja, contrários às expectativas sistêmicas constitucionais e dos princípios legais aplicáveis aos negócios jurídicos e aos contratos;
- (iv) Explorar as consequências legais dos *smart contracts*, dado o cenário atual de uso e funcionalidade;
- (v) Verificar a possibilidade e a necessidade de regulação dos *smart contracts*, principalmente dados os objetivos de conformidade e compatibilidade constitucional das relações jurídicas e os riscos associados aos diversos tipos de desequilíbrio e hipossuficiência em negócios jurídicos;
- (vi) Desenvolver uma análise em potencial, com critério normativo, para delineamento de ajuste do direito dos contratos que acolha a realidade dos *smart contracts* e garanta o cumprimento dos princípios considerados estruturantes do sistema jurídico contratual brasileiro; e,
- (vii) Explorar as alterações legislativas potencialmente necessárias para controle *ex post* dos negócios jurídicos, dado o cenário atual de uso e funcionalidade dos *smart contracts*.

É provavelmente importante mencionar também análises que não serão realizadas neste estudo. De fato, algumas perguntas por vezes vistas<sup>8</sup> nas discussões jurídicas associadas aos *smart contracts* partem de premissas equivocadas. Perguntar se um *smart*

---

<sup>8</sup> Durovic e Lech (2019) discutem longamente se um *smart contract* é exequível (*enforceable*), ignorando o fato de que a sua exequibilidade é inerente ao conceito. Parte de suas conclusões, no sentido de que um *smart contract* precisa ter as características tradicionais de um contrato para ser exequível demonstram, em nossa visão, os riscos de uma abordagem de se tentar enquadrar um novo fato social revolucionário a um esquema não preparado para recebê-lo: esquece-se que o Direito não é capaz de alterar a realidade, mas apenas influenciar os comportamentos das pessoas.

*contract* é exequível judicialmente é um oxímoro: o *smart contract* tem como principal característica a absoluta desnecessidade de atribuição de exequibilidade por um Estado, eis que é automaticamente executado pela força do código. Não seria possível discutir a exequibilidade judicial, mas apenas a conseqüente integração e interpretação *ex post*.

Também não parece relevante perguntar se um *smart contract* pode ser revisto judicialmente – ora, de acordo com a Constituição Federal, a lei não excluirá da apreciação do Poder Judiciário lesão ou ameaça a direito. Se um *smart contract* é capaz de criar, modificar e extinguir direitos, é óbvio que, conseqüentemente, ele estará sujeito à revisão judicial. As limitações das cortes à intervenção na performance contratual são absolutamente relevantes, e serão estudadas em detalhe, mas não há dúvidas que qualquer negócio jurídico poderá ser revisto pelo judiciário e, se for o caso, resolvido em perdas e danos.

O presente estudo, ademais, não se ocupará de uma análise de modelagem econômica completa no sentido de responder se os *smart contracts* são capazes de resolver questões contratuais e solucionar problemas de validade jurídica e falhas de mercado de forma mais eficiente<sup>9</sup> do que contratos tradicionais, dados os objetivos de geração de cooperação eficiente entre as partes, mas apenas explorará os riscos e vantagens de maneira qualitativa. Os resultados práticos parecem indicar que a resposta para esta pergunta é positiva (RASKIN, 2017, p. 333-336), ao menos em alguns tipos de mercados, mas a análise requereria o uso de técnicas de modelagem econômica que não serão adotadas neste trabalho: o foco será jurídico-social, quanto às expectativas sistêmicas das normas e os ajustes para uma regulação e delimitação constitucionalmente conforme.

Alguns pesquisadores ponderam que o uso do termo *contract* (‘contrato’) seria um erro<sup>10</sup>. Em verdade, “*smart contracts* não seriam contratos legais” (ANTONOPOULOS e WOOD, 2019, p. 255), tendo em vista que contratos são acordos exequíveis firmados entre humanos, sendo possível às máquinas exclusivamente o seu processo de cumprimento (CASEY e VIGNA, 2018, p. 71-72). Os *smart contracts* fariam algo fundamentalmente diferente do que o direito dos contratos propõe, de maneira que “a análise do assunto por juristas, possivelmente, não passaria de uma decorrência da infeliz

---

<sup>9</sup> Sobre um estudo da eficiência dos *smart contracts* para aumentar a autonomia e reduzir a hipossuficiência do consumidor, ver Cutts (2019) – a resposta é no sentido de que os *smart contracts* não aumentam a autonomia dos consumidores.

<sup>10</sup> Antonopoulos, Wood (2019) e Casey e Vigna (2018) afirmam tratar-se de um ‘*misnomer*’.

escolha de Szabo” no emprego de um vocábulo carregado de uma longa histórica de análise jurídica (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 363).

Em contrapartida, pode-se também considerar a hipótese de que os *smart contracts* possuem, sim, colocação funcional equivalente à dos contratos tradicionais; ou, ao menos, que seria possível utilizar a tecnologia associada aos *smart contracts* para o desenvolvimento de uma espécie ou categoria de contrato, justificando, pois, a análise, o que se propõe com fundamento nos seguintes argumentos.

Em primeiro lugar, logo na introdução do seu artigo seminal sobre *smart contracts*, Szabo (1997), que também era um jurista, deixa claro que vê os *smart contracts* como uma evolução do contrato tradicional como meio de formalizar um acordo. Mais: afirma de forma expressa que “extraindo das nossas leis atuais, processos e teorias os princípios aplicáveis ao espaço eletrônico”, seria possível manter grande parte desta “profunda tradição [jurídica]” no desenvolvimento das ferramentas digitais que está a discutir<sup>11</sup> (SZABO, 1997). A transformação do significado da locução *smart contracts* para se afastar do direito ocorreu anos depois (BUTERIN, 2013) e não era, efetivamente, parte da visão original de Szabo.

Em segundo lugar, porque os mecanismos jurídicos associados ao direito dos contratos são diversos e complexos, envolvendo amplo aspecto econômico-funcional e de alteração comportamental, com nuances significativas no que diz respeito ao seu âmbito de validade e teoria dos vícios contratuais, sempre levando em consideração as fragilidades empíricas de promessas feitas de uma parte à outra.

Logo, se o conceito de *smart contract* interfere na formação do substrato da confiança entre as partes (SWAN, 2015, p. 16) e nos aspectos de sua exequibilidade e descumprimento, e de fato interfere nestes pontos (GREEN, 2018; CUTTS, 2019), então não há dúvida que existe alguma espécie de superposição funcional a justificar e suportar uma sistematização teórica do instituto sob a perspectiva jurídica.

*Smart contracts* parecem funcionar de forma similar aos contratos tradicionais; contudo, sob o foco da sistematização legal, a exequibilidade contratual e a intervenção das cortes na exequibilidade contratual são partes essenciais do que constitui o sistema

---

<sup>11</sup> “Ao extrair de nossas leis, procedimentos e teorias atuais os princípios que permanecem aplicáveis no ciberespaço, podemos manter muito dessa profunda tradição e encurtar muito o tempo necessário para desenvolver instituições digitais úteis”. Tradução livre do original: “By extracting from our current laws, procedures, and theories those principles which remain applicable in cyberspace, we can retain much of this deep tradition, and greatly shorten the time needed to develop useful digital institutions” (SZABO, 1997).

legal contratual brasileiro – assim, os *smart contracts* são um novo conceito, quiçá um novo instituto, com a qual a estrutura legal atual é insuficiente ou incapaz de adequadamente lidar.

A pesquisa parte, pois, da premissa de que os *smart contracts* causam algum tipo de disrupção no direito contratual brasileiro – ou seja, que geram situações fáticas em relação às quais a legislação atual não está preparada para reger e regular, com potencial de substituir os usos do contrato, mas gerando, ao menos inicialmente, custos maiores do que os benefícios. A hipótese fundamental quanto ao aspecto normativo da investigação é no sentido de que os *smart contracts* são capazes de solucionar alguns problemas de confiança encontrados em negócios e contratos tradicionais ao garantir a execução de forma automática (CUTTS, 2019, p. 394), entretanto, provavelmente criam desvantagens ou riscos jurídicos novos ou acentuados em relação aos contratos tradicionais que deverão ser explorados e sopesados no âmbito da pesquisa, como questões jurisdicionais decorrentes da descentralização (CASEY e VIGNA, 2018, p. 50), problemas de validade associados ao anonimato, inclusive relacionados à inteligência artificial, aplicável à espécie (AZEREDO, 2014, p. 202), riscos alusivos à ausência de controle operacional diante da imutabilidade (CUTTS, 2019, p. 427-428), fraude e *hacking* (CUTTS, 2019, p. 395), impossibilidade de presunção das intenções para além dos termos escritos, impactando negativamente a capacidade de análise particular e individual de um caso (BEACH, 1897, p. 778), além de diversos outros a serem identificados e estudados.

Utilizaremos técnica de pesquisa bibliográfica para identificação dos aspectos positivos buscados, com viés qualitativo. O estudo requererá, adicionalmente à pesquisa bibliográfica, pesquisa jurisprudencial<sup>12</sup> e análise de legislação, também realizadas de forma qualitativa, e utilizando o método hipotético-dedutivo.

Esta tese parte, assim, de uma base fundamentalmente qualitativa, com revisão bibliográfica de artigos, livros e outras publicações. Por se tratar de um assunto novo – apenas a partir de 2013 as bases práticas dos *smart contracts* tornaram-se efetivamente delineadas (BUTERIN, 2013) – as pesquisas sobre este tema foram realizadas em âmbito internacional, a fim de se identificar o estado da arte sobre o tema, e foram estudados centenas de artigos.

Os unitermos “*smart contracts*” e “contratos inteligentes” foram pesquisados nos principais bancos de dados acadêmicos, notadamente os repositórios de teses e

---

<sup>12</sup> A pesquisa jurisprudencial foi eminentemente qualitativa e buscou fundamentalmente ancorar o estudo mais próximo à empiria.

dissertações das maiores instituições de ensino do Brasil e do mundo e os artigos publicados e compilados no SciELO, SSRN, Periódicos Capes, Microsoft Academic Search, Google Scholar, Hein Online, JSTOR, Legal Source e Lexis. Quando os periódicos eram publicados em revistas cadastradas e avaliadas pela Qualis/CAPES, prestigiou-se revistas com impacto A1, A2, B1 e B2. Para artigos estrangeiros, todos aqueles com impacto acadêmico significativo, conforme métrica de citações do Web of Science, foram lidos e levados em consideração na elaboração deste estudo.

No contexto da revisão e comparação com os institutos tradicionais do direito, utilizaram-se alguns dos livros fundamentais da teoria dos negócios jurídicos brasileira e internacional<sup>13</sup>, com a inclusão de livros e artigos mais recentes<sup>14</sup> para a análise de aspectos contemporâneos do direito contratual, bem como alguns estudos metodológicos estruturantes relacionados à conceituação de termos jurídicos<sup>15</sup>. Autores associados ao movimento da constitucionalização do direito civil foram utilizados para estudo do encaixe constitucional, mas não de forma exclusiva<sup>16</sup>.

Tem-se, assim, um foco em autores internacionais para a análise das características e funcionamento dos *smart contracts* e um centro em autores nacionais e estrangeiros para a análise disruptiva do direito contratual brasileira. Autores brasileiros e internacionais foram utilizados no momento do delineamento dos marcos iniciais de um novo direito dos *smart contracts*.

Toma-se Szabo (1997) como marco teórico fundamental, na medida em que foi o criador originário do conceito a ser sistematizado. A ideia de que avanços tecnológicos são capazes de gerar significativo impacto no mercado são analisados à luz da teoria da disrupção de Christensen (1997) e da consideração de Beck (2016) de que instituições existentes, que funcionavam de forma perfeita, falham diante da metamorfose do mundo decorrente de novos quadros de referência.

Esclareça-se que este trabalho manterá a definição original, em inglês: *smart contract*. Isso se dá por alguns motivos; primeiramente, porque se trata de um instituto tecnológico disruptivo ainda no seu nascedouro, possível de ampliação significativa no seu conteúdo e transformação do seu contexto, motivo pelo qual a utilização da

---

<sup>13</sup> Especialmente Miranda (2012), Bevilacqua (1896), Santos (1975) e Gomes (2008) no Brasil e Beach (1897), Hare (1887), Cohen (1933) e Pollock (1936), internacionalmente.

<sup>14</sup> A título de exemplo, Tepedino, Konder e Bandeira (2020), Fiuza (2010) e Araújo (2007).

<sup>15</sup> Como Bentham (1823 [1776]) e Hart (1983).

<sup>16</sup> Foram utilizados como base tanto estudos associados à constitucionalização do direito civil (principalmente Perlingieri, 2008), e outros anteriores ao movimento.

denominação original, no contexto de um trabalho científico, aproxima mais a análise da sua denominação objetivada; em segundo lugar, porque a expressão original em inglês é utilizada mundialmente nos diversos esforços acadêmicos acerca do tema, ainda quando se trata de artigo escrito em outra língua que não o inglês<sup>17</sup>, inclusive aqueles escritos em português (RIBEIRO, 2020), de maneira a dar mais consistência a um tema tratado internacionalmente; e, finalmente, porque a tradução direta para o português (‘contratos inteligentes<sup>18</sup>’) pode gerar confusão com contratos meramente eletrônicos e sem execução autônoma, apesar de algumas obras que tentam sistematizar estas nomenclaturas em português (REBOUÇAS, 2018).

A aplicabilidade prática será verificada mundialmente mediante análise documental, inclusive de leis e projetos internacionais, e os *cases* serão comparados à experiência brasileira, a fim de se verificar sua compatibilidade. Assim, esta tese também executará pesquisa descritiva, por meio da leitura e exame de documentos e legislação sobre *smart contracts* e sobre a prática contemporânea dos *smart contracts*.

Será obrigatória uma abordagem interdisciplinar, especialmente associada à ciência da computação, no que tange à compreensão e explicação do funcionamento dos *smart contracts*, e à economia, para análise dos processos de funcionamento dos contratos tradicionais e dos *smart contracts*.

No contexto da interdisciplinaridade, quando possível foram elaborados diagramas, tabelas e imagens para melhor explicar os conceitos e propostas aqui apresentados.

Muito embora trate-se de tema relativamente recente, entendemos que a academia brasileira presentemente carece de estudos sobre os impactos dos *smart contracts* em uma série de âmbitos jurídicos, e entendemos que este trabalho pode ser importante para auxiliar na estruturação do debate sobre o tema.

Quanto à originalidade, importa apontar que, internacionalmente, diversos autores já se propuseram a sistematizar a conceituação e terminologia associada aos *smart contracts*, bem como impactos jurídicos variados<sup>19</sup>. No contexto brasileiro, entretanto, há

---

<sup>17</sup> Para um bom exemplo dentre os vários citados neste estudo, o trabalho do professor Cvetkovic (2019), escrito no original inteiramente em sérvio, e a única palavra não adaptada ao alfabeto cirílico sérvio é exatamente ‘*smart*’.

<sup>18</sup> Não se afasta a possibilidade de que a locução ‘contratos inteligentes’ venha, eventualmente, a ser sinônimo de contratos com execução contratual eletrônica e automática, especialmente em decorrência do possível ou provável aumento no seu uso corriqueiro. Inobstante, essa ainda não é uma realidade linguística no Brasil.

<sup>19</sup> Internacionalmente, destacam-se positivamente os trabalhos de Swan (2015), Werbach (2018), Cutts (2019), Antonopoulos (2019) e Werbach (2018).



relativamente poucos estudos científicos publicados sobre o tema, seja sobre a disrupção, comparação, exequibilidade, aplicabilidade, validade ou eficiência dos *smart contracts* *vis-à-vis* os contratos tradicionais no Brasil<sup>20</sup>. Estima-se, entretanto, que há grande número de pesquisadores estudando o tema, e vários trabalhos sobre o assunto devem surgir nos próximos meses e anos.

Ainda no quesito da originalidade, em relação aos trabalhos internacionais, há a expectativa de que as vicissitudes do direito brasileiro e os problemas contratuais particulares ao nosso país impliquem um peso diferente a ser dado às disrupções dos *smart contracts* e ao formato de um novo direito dos contratos em relação a outros países.

A maior parte da doutrina sobre o tema é estadunidense, local em que o sistema contratual é muito diferente do brasileiro – baseado em um *framework* legal com base no *common law* e que requer o *consideration* como elemento contratual essencial.

Ainda a título de exemplo, no campo dos direitos relacionados ao consumidor, Cutts concluiu que os *smart contracts* “não aprimoram a autonomia do consumidor, ou auxiliam na execução de um melhor negócio” (2019, p. 444); entretanto, os desafios do direito do consumidor em outras nações são inteiramente divergentes dos brasileiros – é plenamente possível imaginar uma conclusão diversa a partir das mesmas premissas, alteradas as circunstâncias sociais e mercadológicas aplicáveis, reforçando a relevância de uma pesquisa no âmbito do Brasil.

---

<sup>20</sup> Destacam-se os seguintes estudos sobre o tema, no Brasil: (i) a dissertação de R. M. L. Ribeiro para o Mestrado em Tecnologia e Sociedade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, denominado *Smart contracts no ordenamento de direito privado brasileiro à luz da teoria do fato jurídico: estudo de lawtech curitibana*, do ano de 2020. Trata-se do mais relevante trabalho encontrado sobre o tema. Apesar do viés jurídico evidente no título, o trabalho trata exclusivamente do enquadramento dos *smart contracts* à teoria do fato jurídico, não explorando as disrupções causadas no direito ou as alterações legislativas necessárias. Preocupa-se em tentar definir os institutos e classificar os *smart contracts*, tentando enquadrá-los às classificações já existentes; (ii) o artigo de J. L. D. N. Faleiros Júnior e G. Roth, *Como a utilização do blockchain pode afetar institutos jurídicos tradicionais?*, publicado em novembro de 2019 pela Revista Jurídica do Ministério Público Catarinense, revista qualificada como C pela Qualis/CAPES. Trata-se do estudo mais próximo da abordagem pretendida na presente tese, embora não sob o contexto dos *smart contracts*, e sim do *blockchain*; (iii) a dissertação de O. P. A. Mariani para o mestrado em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos denominada *O Uso de Smart contracts entre empresas: uma abordagem de direito e economia*, do ano de 2019. Este estudo focou exclusivamente em identificar sob quais condições as empresas utilizariam *smart contracts* nas relações com outras empresas – ou seja, uma análise e comparação de efetividade do uso, exclusivamente envolvendo empresas e expressamente excluindo pessoas físicas. O trabalho não adentrou nas disrupções legais, mas sim na eficiência do uso; (iv) a dissertação de R. N. Junqueira para o mestrado em Ciência da Computação da Universidade Federal de Goiás, denominada *Concessão de permissão a dados de saúde baseada em contratos inteligentes em plataforma de blockchain*, do ano de 2020. O próprio título já indica que o recorte é específico para dados de saúde; e, (v) a dissertação de V. M. R. de Souza para o mestrado em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, denominada *Modelos de controle de acesso sensíveis ao contexto com uso de smart contracts*, do ano de 2019. O estudo é eminentemente associado à computação e todos os conceitos são trazidos no contexto da solução de um problema da área de ciência da computação.

Nesse sentido, a originalidade em relação aos trabalhos publicados em outros países também resta preservada, até mesmo considerando o fato de que, ainda que há muito mais estudos em comparação com o Brasil, estudiosos do tema entendem que a maioria desses trabalhos possui reduzida precisão (CUTTS, 2019, p. 392), o que se verifica também nos estudos eminentemente jurídicos (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 317).

No mínimo, é possível verificar a existência de afirmações radicalmente divergentes quanto à natureza dos *smart contracts*, mesmo no contexto dos artigos e estudos mais completos sobre o assunto, especialmente quando se compara os conceitos em diferentes áreas de conhecimento.

Assim, justifica-se a proposta de estudo apresentado, à qual passamos a nos dedicar.

## 1. O QUE SÃO *SMART CONTRACTS*?

Em uma série de artigos publicados entre 1994 e 1997, Nick Szabo cunhou e expandiu o termo *smart contract*, originalmente definido pelo cientista da computação e jurista como um “protocolo computadorizado de transação que executa os termos de um contrato”<sup>21</sup> (SZABO, 1994).

Desde então, muito se escreveu sobre o conteúdo semântico da expressão *smart contract* e suas diversas qualificações, como se enfrentará em maior detalhe neste trabalho; entretanto, é de pronto muito importante esclarecer que o ponto de partida da análise é exatamente a definição original de Szabo, motivo pelo qual é fundamental explorá-la com vagar.

Para além da frase supracitada, há outra que muito claramente indica a visão de Szabo a respeito do conceito de *smart contracts*: “automação da execução contratual”<sup>22</sup>. Três anos após seu primeiro *paper* sobre o tema, Szabo iria ressaltar o entendimento de que os *smart contract* seriam a “convergência dos objetivos comuns [...] relacionados à automação da execução contratual”<sup>23</sup> (SZABO, 1997).

Tomadas em conjunto – “protocolo computadorizado que executa os termos de um contrato” e “automação da execução contratual” – torna-se clara a visão macro de Szabo acerca do tema: um *smart contract* é algo que tem a capacidade prática e fática de instruir uma máquina ou sistema de forma a permitir que a execução dos termos de um contrato ocorra de forma automática, sem a intervenção das partes envolvidas.

O desenvolvimento dos estudos sobre o tema, nos anos subsequentes, levou Szabo a expandir o escopo da locução, especialmente em seu trabalho considerado ‘definitivo’ sobre o assunto, para afirmar que o conceito pode envolver uma “estratégia de design” e uma “visão de que precisamos de controles mais inteligentes”<sup>24</sup> (SZABO, 1997).

---

<sup>21</sup> Conforme definição original do autor quando cunhou o termo em 1994: “A *smart contract* is a computerized transaction protocol that executes the terms of a contract” (SZABO, 1994).

<sup>22</sup> Tradução livre do original: “So far the design criteria important for automating contract execution have come from disparate fields like economics and cryptography, with little cross-communication: little awareness of the technology on the one hand, and little awareness of its best business uses other” (SZABO, 1994).

<sup>23</sup> Tradução livre do original: “In electronic commerce so far, the design criteria important for automating contract execution have come from disparate fields [...] These efforts are striving after common objectives, and converge on the concept of *smart contracts*” (SZABO, 1997).

<sup>24</sup> Tradução livre do original: “The smart contract design strategy suggests that we successively refine security protocols to more fully embed in a property the contractual terms which deal with it. [...] The smart contract view is that we need smarter controls [...]” (SZABO, 1997).

Uma comunidade online conhecida como ‘Cypherpunks’, grupo não formalmente estruturado de ativistas de privacidade digital, é responsável pelo desenvolvimento de muitos dos princípios básicos associados aos *smart contracts* (POPPER, 2015). Um dos membros da comunidade era o próprio Szabo, que em 1993 escreveu uma carta a outros Cypherpunks na qual descreveu as razões e motivações dos membros daquela comunidade. Na carta Szabo escreve:

Nós temos uma variedade de objetivos. Todos nós compartilhamos um compromisso de espalhar a criptografia para além das elites, mas por uma ampla variedade de razões. Alguns de nós (Tim May, eu, etc.) são libertários que querem o governo fora de nossas vidas, outros são liberais lutando contra a NSA, outros acham muito divertido destruir pessoas no poder com hacks legais, e ainda outros estão nisso pela variedade de oportunidades que a cripto-anarquia abre para fazer "lucro sujo"<sup>25</sup> (SZABO, 1993).

De acordo com Szabo, uma das razões pelas quais ele foi atraído por opiniões libertárias foi por causa de seu pai, que lutou contra os comunistas na Hungria na década de 1950 antes de emigrar para os Estados Unidos, onde Szabo nasceu em 1964 (POPPER, 2015). Szabo cresceu no estado de Washington e frequentou a Universidade de Washington, onde se formou em ciência da computação e direito em 1989.

Como se vê da sua origem e dos seus parâmetros fundamentais, a visão que emerge como resultado das ideias que sustentam os *smart contracts* é utópica e liberal em sua orientação e conteúdo. Usando os *smart contracts*, as partes poderiam “proteger seu contrato de intervenções *in tempore* e *ex post*. [...] Nesse sentido, eles podem negociar dentro de um reino que não está sujeito à supervisão do Estado” (CUTTTS, 2019, p. 393).

Fundamentalmente, o conceito de *smart contract* decorre da concepção de que diferentes cláusulas contratuais poderiam, teoricamente, ser incorporadas em meio eletrônico – *hardware* e *software* – de maneira a “tornar a quebra de contrato mais cara” para o contratante<sup>26</sup> (SZABO, 1997), sem a intervenção de um Estado.

---

<sup>25</sup> Tradução livre do original: “[...] We also have a variety of goals. We all share a commitment to spreading crypto beyond the elites, but for a wide variety of reasons. Some of us (Tim May, myself, etc.) are libertarians who want government out of our lives, others are liberals fighting the NSA, others find it great fun to ding people in power with cool hacks, and still others are in it for the variety of opportunities crypto-anarchy opens up for making ‘filthy lucre’” (SZABO, 1993).

<sup>26</sup> “The basic idea behind *smart contracts* is that many kinds of contractual clauses (such as collateral, bonding, delineation of property rights, etc.) can be embedded in the hardware and software we deal with, in such a way as to make breach of contract expensive (if desired, sometimes prohibitively so) for the breacher” (SZABO, 1997).

O ponto principal, portanto, que torna algo um *smart contract*, não é sua forma peculiar de escrita (linguagem formal necessariamente, e não natural, como será analisado) ou o fato de que sua execução se dá em ambientes eletrônicos e, possivelmente, interconectados ou descentralizados; o fator mais importante da definição é a execução automática dos termos – a automação.

Esta automação, como se verá, tem uma aplicação de âmbito positivo (a execução contratual é automática) e outra de âmbito negativo (a execução contratual é inexorável – não pode ser objeto de intervenção).

A consolidação do conceito de automação como a característica definitiva dos *smart contracts* e como o efetivo aspecto disruptivo da ferramenta é amplamente reconhecida pelos estudos mais relevantes do assunto, sejam eles jurídicos (GRIMMELMANN, 2019, p. 3) ou de tecnologia de sistemas (ALHARBY e MOORSEL, 2017).

Assim, a característica definidora dos *smart contracts* é a automação, e podemos considerar que um *smart contract* é um autômato<sup>27</sup>.

Conforme a proposta de Szabo, apenas *hardware* e *software* seriam necessários para gerenciar toda a vida útil da atividade contratual – este é o aspecto disruptivo e visionário do conceito. Em várias partes da transação contratual, mas especialmente na sua execução, a atividade humana seria totalmente (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 323) ou parcialmente (SANITT, 2018, p. 62) suplantada pela ação de máquinas.

Ressalte-se que a forma da execução – eletrônica – não é suficiente para caracterização de um *smart contract*. O conceito de contratos eletrônicos, bem como sua formação e validade, são bem explorados na literatura jurídica (REBOUÇAS, 2018). Mais ainda, os contratos eletrônicos são uma realidade, utilizados diariamente por milhões de pessoas, em inúmeros formatos.

Cada vez que um consumidor inicia uma conexão com um provedor eletrônico de serviços ou produtos, ele está firmando um contrato eletrônico, viabilizado por meio da internet. O comércio eletrônico é não apenas uma realidade para o público em geral, como

---

<sup>27</sup> Depois de propor o termo, identificamos que outros autores também propuseram a mesma ideia – Pasquale afirma que *smart contracts* são “*automatons for executing contract terms once they have been represented computationally*” (PASQUALE, 2019, p. 24).

a pandemia do COVID-19 acelerou sua adoção – esta forma passou a representar 14,4% do comércio varejista total em novembro de 2020, partindo de 5% no final de 2019<sup>28</sup>.

Inobstante, apesar de seu disfarce digital, esse tipo de contrato por meio eletrônico ainda é um acordo escrito – sua substância e execução fazem com que ainda dependam de seres humanos para conclusão da transação. Após adquirir um produto em um site de comércio eletrônico, por exemplo, a intervenção de seres humanos é necessária para receber o pedido, verificar o pagamento, separar o produto e enviá-lo por correio, confirmando todas as etapas. Mesmo no caso de empresas que automatizaram grande parte do procedimento de verificação de pagamento e execução do envio do produto, a participação humana ainda é absolutamente necessária (DEL REY, 2019). Mais que necessária, ela é possível: a empresa, por exemplo, não enviar o produto, porque ele está danificado, ou fora de estoque, ou porque o consumidor requereu o cancelamento do pedido. Em outras palavras, não há automação total positiva ou negativa.

Mesmo negócios e aplicativos integralmente eletrônicos, como a aquisição de uma licença para um *software*, apresentam um link para leitura dos tradicionais termos de serviço, documento que descreve as condições contratuais do negócio, comumente escrito na mais tradicional linguagem natural jurídica. A automação positiva é mais ampla – pode-se pagar online e receber, imediatamente, uma licença eletrônica –, mas a automação negativa é inexistente: a qualquer momento, no negócio, a intervenção humana é possível. Uma corte pode, facilmente, determinar que uma licença não seja entregue, ou seja cancelada, ou os valores sejam devolvidos. Ademais, a lei contratual é aplicada a acordos eletrônicos da mesma maneira que é aplicada a um documento em papel (LEAL, 2007), inclusive considerando-os títulos executivos<sup>29</sup>.

---

<sup>28</sup> Conforme dados apresentados pela Associação Brasileira de Comércio Eletrônico (ABComm), em estudos realizados em parceria com a Neotrust (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMÉRCIO ELETRÔNICO (ABCOMM), 2021).

<sup>29</sup> Ver, especialmente, julgamento do Recurso Especial nº 1.495.920-DF: “RECURSO ESPECIAL. CIVIL E PROCESSUAL CIVIL. EXECUÇÃO DE TÍTULO EXTRAJUDICIAL. EXECUTIVIDADE DE CONTRATO ELETRÔNICO DE MÚTUO ASSINADO DIGITALMENTE (CRIOGRAFIA ASSIMÉTRICA) EM CONFORMIDADE COM A INFRAESTRUTURA DE CHAVES PÚBLICAS BRASILEIRA. TAXATIVIDADE DOS TÍTULOS EXECUTIVOS. POSSIBILIDADE, EM FACE DAS PECULIARIDADES DA CONSTITUIÇÃO DO CRÉDITO, DE SER EXCEPCIONADO O DISPOSTO NO ART. 585, INCISO II, DO CPC/73 (ART. 784, INCISO III, DO CPC/2015). QUANDO A EXISTÊNCIA E A HIGIDEZ DO NEGÓCIO PUDEREM SER VERIFICADAS DE OUTRAS FORMAS, QUE NÃO MEDIANTE TESTEMUNHAS, RECONHECENDO-SE EXECUTIVIDADE AO CONTRATO ELETRÔNICO. PRECEDENTES. 1. Controvérsia acerca da condição de título executivo extrajudicial de contrato eletrônico de mútuo celebrado sem a assinatura de duas testemunhas. 2. O rol de títulos executivos extrajudiciais, previsto na legislação federal em “*numerus clausus*”, deve ser interpretado restritivamente, em conformidade com a orientação tranquila da jurisprudência desta Corte Superior. 3. Possibilidade, no entanto, de excepcional reconhecimento da executividade de determinados títulos (contratos eletrônicos) quando atendidos especiais requisitos, em face da nova realidade comercial com o

Como a maioria dos clientes em contratos eletrônicos não leem o texto contratual, a aceitação é o principal desafio doutrinário e jurisprudencial que se coloca neste caso; como solução, os tribunais afastaram a vinculação contratual em *browse-wrap agreements*, mas não houve grandes problemas para o reconhecimento jurídico da validade dos *click-wrap agreements*<sup>30</sup> (CARNEIRO, 2020).

Muito obstante a forma eletrônica gere alguns desafios específicos, a novidade dos *smart contracts* certamente não se encontra em sua forma. Igualmente à forma, a linguagem formal não é o principal aspecto disruptivo dos *smart contracts*. Há décadas analisa-se a possibilidade de elaboração de contratos legíveis por computador, ou seja, escritos em uma linguagem formal específica. A disrupção encontra-se no aumento do grau de automatização.

Diga-se que as ideias apresentadas por Szabo não eram totalmente novas, mesmo em 1994, mas uma evolução do que vinha sendo proposto (CUTTS, 2019, p. 396). Aliás, os *smart contracts* são apenas um ponto de uma tendência mais ampla de tecnologias computacionais que tentam suplantam ou substituir a tomada de decisão humana em um sem-número de cenários (BRYNJOLFSSON e MCAFEE, 2011). E antes dos *smart contracts*, outros níveis de automatização foram idealizados e, inclusive, intentados de forma prática.

Na classificação proposta por Surden (2012), a próxima etapa de automatização, depois dos contratos eletrônicos, seria a dos ‘contratos orientados a dados’<sup>31</sup>. Neste tipo de contrato, as partes especificam um ou mais termos e condições utilizando um design

---

intenso intercâmbio de bens e serviços em sede virtual. 4. Nem o Código Civil, nem o Código de Processo Civil, inclusive o de 2015, mostraram-se permeáveis à realidade negocial vigente e, especialmente, à revolução tecnológica tem sido vivida no que toca aos modernos meios de celebração de negócios, que deixaram de se servir unicamente do papel, passando a se consubstanciar em meio eletrônico. 5. A assinatura digital de contrato eletrônico tem a vocação de certificar, através de terceiro desinteressado (autoridade certificadora), que determinado usuário de certa assinatura a utilizara e, assim, está efetivamente a firmar o documento eletrônico e a garantir serem os mesmos os dados do documento assinado que estão a ser sigilosamente enviados. 6. Em face destes novos instrumentos de verificação de autenticidade e presencialidade do contratante, possível o reconhecimento da executividade dos contratos eletrônicos. 7. Caso concreto em que o executado sequer fora citado para responder a execução, oportunidade em que poderá suscitar a defesa que entenda pertinente, inclusive acerca da regularidade formal do documento eletrônico, seja em exceção de pré-executividade, seja em sede de embargos à execução. 8. RECURSO ESPECIAL PROVIDO.” (Recurso Especial nº 1.495.920-DF. Relator Ministro Paulo de Tarso Sanseverino. Julgado em 15 de maio de 2018. Publicado em 07 de junho de 2018., 2018)

<sup>30</sup> Trata-se de classificação de forma de obtenção de consentimento: nos *click-wrap agreements* os termos do contrato são exibidos e requerem um clique para indicar sua aceitação, enquanto nos *browse-wrap agreements*, as cláusulas contratuais são disponibilizadas por meio de um hiperlink no rodapé da página do site, com pouca visibilidade, e incluem cláusulas que vinculam o usuário sem sua aceitação expressa, que é presumida pelo mero acesso ao site ou utilização do serviço.

<sup>31</sup> Tradução livre do original “*data-oriented contract*”.

tal de forma a permitir que estes sejam processados por um sistema informatizado (SURDEN, 2012, p. 639).

A peculiaridade aqui é que o destinatário principal para execução dos termos do contrato é uma máquina, e não um ser humano. Pode-se utilizar, à guisa de exemplo, um contrato empresarial comum de opção de compra, que concede a alguém o direito de adquirir uma ação de uma companhia por um determinado preço e que expira em uma data específica. Um contrato orientado a dados seria a representação de tal acordo em linguagem formal, no caso, código processável por um computador. No exemplo, se todos os requisitos fossem satisfeitos, uma corretora aprovada pela CVM e contratada pelas partes poderia instruir seu sistema a transferir o título para a propriedade do comprador e debitar a quantia adequada da sua conta corrente bancária.

Importa ressaltar que, nos contratos orientados a dados, um sistema de computador pode extrair e identificar dados úteis e relevantes, de forma automática, mas não tem a capacidade de análise e intervenção ativa na execução dos termos.

Neste nível de informatização, pode-se rememorar a história do desenvolvimento do *Standard Generalized Markup Language* (“SGML”), no contexto dos esforços para desenvolvimento do Intercâmbio Eletrônico de Dados (“EDI”, do original *Electronic Data Interchange*), nas décadas de 60 e 70.

Em 1967, um advogado de Boston chamado Charles Goldfarb estava insatisfeito com o que considerava ser uma complexidade excessiva nos contratos com o qual trabalhava. Com o objetivo de resolver este problema, Goldfarb começou a padronizar e classificar os termos de todos os contratos mais comumente utilizados no mercado daquele período. Seu trabalho, que foi concluído em um computador pessoal rudimentar com oito kilobytes de RAM, resultou no estabelecimento do departamento jurídico da IBM em 1969 (GOLDFARB, 1996).

Goldfarb desenvolveu um vocabulário padronizado para descrever e categorizar contratos eletronicamente, que incluía informações como: quem eram as partes e os terceiros associados ao contrato, quais atividades foram concluídas como resultado do contrato e os termos e condições aplicáveis. O uso dessa linguagem por programadores permitiu que os computadores, de forma automática, interagissem com contratos e alterassem dados contratuais. O avanço no uso de computadores pessoais por consumidores e, especialmente, por empresas, levou à tentativa de padronização e automatização da contratação entre empresas por meio do que foi batizado como Intercâmbio Eletrônico de Dados.



A ideia é de que os contratos fossem representados em código legível por computador, o que permitiria sua atualização de forma dinâmica e automatizada, a partir das mudanças nas intenções e posições das partes. Por exemplo, poder-se-ia atualizar com frequência os preços e prazos de entrega de produtos em uma relação contratual de um fornecedor atacadista que trabalhe com produtos dependentes das taxas de câmbio de uma moeda específica.

Este método também poderia ser usado para reagir a contingências contratuais que fossem indicadas com antecedência, como o atraso na entrega de produtos, itens com defeito ou o atraso no pagamento. A criação e execução dos parâmetros transacionais que os indivíduos contratam sobre poderiam ser automatizados por um sistema de Intercâmbio Eletrônico de Dados, ao menos em teoria, de acordo com os autores (RADIN, 2000, p. 1131).

O resultado do trabalho de Goldfarb, desde 1967, em seu computador, até 1974, com uma equipe de centenas de pessoas, foi o desenvolvimento da versão atual do SGML: linguagem do Padrão Internacional ISO 8879 para dados estruturados e representação de documentos, que serve como parâmetro e base para outras linguagens, como HTML e XML.

A expectativa à época era de que haveria uma revolução no comércio e a extinção dos contratos tradicionais em papel, geridos e executados por seres humanos. Embora, de fato, o SGML tenha resultado em um impacto comercial significativo (WRIGHT, 1991, p. 11), as previsões do fim dos contratos tradicionais, obviamente, não vieram a ocorrer.

O SGML e o Intercâmbio Eletrônico de Dados, entretanto, ainda não eram capazes da automatização positiva e negativa plena da execução contratual.

No seu exemplo de nível máximo de automatização, após os contratos eletrônicos e os contratos orientados a dados, Surden apresenta os chamados ‘contratos computáveis’<sup>32</sup> – classificação na qual os *smart contract* se enquadrariam. Agora, neste nível, o contrato forneceria aos computadores a capacidade de julgar questões relacionadas ao cumprimento das obrigações de parte a parte e executar ações, automaticamente, a partir desse julgamento<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup> Tradução livre do original “*computable contract*”.

<sup>33</sup> Nas palavras de Surden: “A ideia básica por trás de um contrato computável é criar uma série de instruções acionáveis e processáveis por computador que se aproximam do que as partes pretendem fazer em seu acordo contratual. Em certos contextos, os sistemas de computador podem ser instruídos sobre como avaliar os termos do contrato de uma forma que reflita as intenções das partes. Além disso, as partes podem, às vezes, fornecer ao computador dados relevantes para fazer determinações de conformidade com os termos do contrato especificados”. Tradução livre do original: “The basic idea behind a computable

Retomando o exemplo do contrato de opção de compra, em um contrato computável, o sistema de computador da corretora seria capaz de determinar, automaticamente, se o pagamento foi realizado, dentro do prazo contratual, momento em que o próprio sistema, sem o *input* de um ser humano, realizaria a transferência das ações adquiridas.

Adicionalmente, em um *smart contract* negativamente automatizado, essa transferência seria de interrupção impossível: um juiz, por exemplo, não poderia determinar que as ações não fossem transferidas em decorrência, por exemplo, de um vício nos termos contratuais – ou melhor, poderia até decidir neste sentido, mas não teria capacidade ou força suficiente para alterar o curso de ação programado no sistema, ou de intervir na programação do sistema. É como se este sistema estivesse fora do alcance do judiciário, ao menos no tocante a impedir a execução contratual (no caso, a transferência das ações), dado o pagamento no prazo acordado.

Este sistema deveria ser capaz de compreender e interpretar dados externos ao contrato – por exemplo, se o pagamento foi realizado e se o prazo foi respeitado. Tais análises, quando externas, são realizadas por meio de *oracles* – tema que será explorado à frente.

Obviamente, contratos computáveis requerem que a declaração dos termos contratuais seja realizada por meio de um conjunto de instruções ou lógica que pode ser processada por um computador – linguagem formal –, e que quaisquer dados essenciais para esse cálculo estejam acessíveis eletronicamente.

Aliás, ressalte-se que os sistemas eletrônicos não têm capacidade plena de constatar a realidade, o que pode gerar problemas com repercussões jurídicas denominados erros de incompatibilidade de realidade, que também serão analisados no capítulo específico.

A classificação proposta por Surden (2012) enquadra-se, de forma bastante precisa, na concepção de Szabo (1994) de evolução tecnológica dos contratos, ou da execução dos termos dos contratos: estes autores estavam analisando o nível de automatização da sua execução.

---

contract term is to create a series of actionable, computer-processable instructions that approximate what it is that the parties are intending to do in their contractual arrangement. In certain contexts, computer systems can be instructed how to assess contract terms in a way that mirrors the parties' intentions. Further, the parties can sometimes provide the computer with data that is relevant to making determinations of conformance with specified contract terms.” (SURDEN, 2012, p. 658)

A progressão de contratos eletrônicos para contratos orientados a dados e, finalmente, para contratos computáveis, reflete, pois, uma tendência em direção a uma maior automatização da execução contratual (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 322). Para Surden, esta categoria de contrato é a culminação do progresso dos contratos e negócios eletrônicos ao longo de muitas décadas, representando o auge da automatização contratual (SURDEN, 2012). À medida que os computadores substituem progressivamente as pessoas nos processos de negociação, estabelecimento, execução e cumprimento de contratos, os contratos funcionam cada vez mais em um ritmo e com a consistência de máquinas.

Observe-se que a teoria sobre a evolução tecnológica dos contratos permite ainda análise de outra natureza: acerca da automatização da formação dos contratos, os chamados ‘contratos algorítmicos’ (SCHOLZ, 2017). Neste tipo de contrato, os próprios termos contratuais, ou parte deles, são definidos de forma automatizada. Entretanto, esta análise, embora muitíssimo interessante, é absolutamente dissociada da função de automatização contratual identificada no conceito dos *smart contract* e, por este motivo, não será analisada no presente estudo, já que traz desafios completamente diversos.

Os contratos computáveis têm ainda o potencial de permitir que as máquinas contratem umas com as outras por conta própria, entretanto, esse tipo de operação autônoma ainda está em seus estágios iniciais (SMITH, 2020) e não será analisada neste estudo, por também trazer questões e disrupções jurídicas diferentes das analisadas neste estudo.

Dar a máquinas, robôs ou inteligências artificiais a capacidade de julgar se um contrato foi cumprido ou não tem o potencial teórico de gerar vantagens significativas em custos de transação dos negócios (SKLAROFF, 2017). Entretanto, como se analisará neste estudo, os *smart contract* geram diversas e relevantes disrupções na legislação contratual, algumas delas com potenciais impactos de risco que requerem uma revisão legislativa para garantir que a função da realização de negócios seja segura e proteja princípios jurídicos, inclusive de ordem constitucional, e de origem nos microssistemas, como consumidor ou trabalhista.

Ainda analisando os parâmetros trazidos por Szabo, vê-se que em seus estudos, talvez por ter treinamento formal em ciência da computação e em direito, a comparação com contratos tradicionais e com aspectos econômicos associados aos negócios jurídicos encontrava-se presente.

Para Szabo, a operabilidade dos *smart contracts* pode ser dividida e examinada em quatro categorias diferentes: observabilidade, verificabilidade, subjetividade limitada e exequibilidade<sup>34</sup>, todas de forma comparativa aos contratos tradicionais. Estes seriam os alicerces fundamentais que suportam as responsabilidades contratuais entre as partes em operações negociais envolvendo *smart contracts*.

O termo ‘observabilidade’ refere-se à capacidade das partes de observar a execução das obrigações contratuais uma da outra ou de verificar seu próprio desempenho. As partes que celebram contratos procuram, em teoria, garantir que a execução do contrato seja realizada de acordo com as disposições escritas e acordadas entre as partes. Para que a execução seja observável, ela deve ser verificável pela outra parte, que deve ser capaz de certificar, o mais objetivamente possível, a execução de ambas as partes. Neste ponto, a questão relacionada à linguagem formal pode ser um obstáculo à observabilidade, mas não necessariamente, como se estudará no capítulo específico.

A segunda característica fundamental dos *smart contracts* é a verificabilidade, definida como a capacidade das partes estabelecerem perante um terceiro que um contrato foi concluído ou quebrado. Em outras palavras, após as partes terem concordado com certas condições, um terceiro (no caso dos *smart contracts*, o sistema) deve ser capaz de verificar se cada parte cumprirá seus compromissos de acordo com os termos que foram acordados.

A verificabilidade é um princípio aplicado de forma bastante específica aos *smart contracts*. Isso porque em contratos tradicionais, normalmente as próprias partes verificam o cumprimento das condições, e apenas em situações de conflitos levam a verificabilidade a um terceiro adjudicador para solução heterocompositiva. No caso dos *smart contracts*, a execução é realizada pelo software, que precisa ele próprio ser capaz de realizar a verificabilidade – esta é uma especificidade inerente e necessária para o funcionamento de um *smart contract*.

---

<sup>34</sup> “Os economistas enfatizam duas propriedades importantes para um bom contrato: observabilidade pelas partes e verificabilidade por terceiros, como auditores e adjudicadores. Das tradições por trás do direito contratual e dos objetivos da segurança de dados, derivamos um terceiro objetivo, a subjetividade limitada. Enriquecemos as dimensões do contrato separando os custos de transação mentais dos computacionais, classificando os tipos de exequibilidade, caracterizando as fases temporais da contratação e discutindo a natureza dos *tradeoffs* entre os três objetivos citados.” Tradução livre do original: “Economists stress two properties important to good contract design: observability by principals and verifiability by third parties such as auditors and adjudicators. From the traditions behind contract law and the objectives of data security, we derive a third objective, privacy. We flesh out the dimensions of contract design by disentangling mental from computational transaction costs, classifying the kinds of enforceability, characterizing the temporal phases of contracting, and discussing the nature of tradeoffs between the three design objectives” (SZABO, 1997).

Devido às características descentralizadas e anônimas da tecnologia *blockchain*, como ser veraz, a verificabilidade é complexa, por diversos motivos, sendo um dos principais o seguinte: como um *smart contract* pode observar o mundo real?

Considere uma situação de um *smart contract* em que é necessário liberar os pagamentos depositados por um comprador depois que um veículo adquirido seja entregue pelo vendedor. Existe um automóvel físico, no mundo real, que será entregue ao comprador – como poderia uma máquina que ‘vive’ dentro de um sistema eletrônico observar e verificar o cumprimento dessa obrigação? Um *smart contract*, afinal de contas, não é capaz de testemunhar um dos conceitos fundamentais no âmbito dos negócios jurídicos e direitos reais: a tradição.

O método utilizado para fornecer dados do mundo real em um formato que pode ser compreendido por um sistema e aplicado a um *smart contract* é a consulta a um ‘oráculo’. Oráculos são, em regra, programas de computador terciários que operam independentemente do código do *smart contract*, usados para aumentar a capacidade de observação por meio da pesquisa de informações de fora do sistema<sup>35</sup>. Em outras palavras, o termo oráculos refere-se aos sistemas que interpretam e verificam o desempenho contratual com base em tais entradas externas. (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 336).

A ideia de que um computador (à época, uma “máquina automática universal”) tem a necessidade de acesso e interação a bancos de dados e outros dispositivos externos a ele própria foi proposta inicialmente em 1939, com a noção das *oracle-machines* (TURING, 1939). O nome tomou como inspiração os oráculos da democracia ateniense, que serviam como fonte mística de consulta para a tomada de decisões públicas (ZANAKIS, THEOFANIDES, *et al.*, 2003), e, na ciência da computação, os oráculos eventualmente avançaram para se tornar uma forma de garantia e verificação de consenso em redes *blockchain* ou outros tipos de sistemas (POBLET, ALLEN, *et al.*, 2020).

O tipo mais básico de oráculo, em teoria, é apenas um terceiro, ser humano, de confiança e escolhido pelas partes, que é instado a alimentar o sistema a fim de validar se um determinado evento ocorreu ou não, bem como, se for o caso, fornecer informações adicionais (GRIMMELMANN, 2019, p. 14). Essencialmente, neste exemplo, o nível de automatização é reduzido, na medida em que o *smart contract* depende da certificação de um terceiro para sua execução, e, em verdade, seria difícil afirmar que essa hipótese descreve um *smart contract* como conceituado por Szabo.

---

<sup>35</sup> Porque o único sistema viável até o presente momento é o *blockchain*, leia-se “capacidade de verificar informações de fora do *blockchain*”.

Um nível acima quanto ao nível de automatização da observabilidade, tem-se o uso de um *trusted data feed*, ou seja, dados eletrônicos gerados por uma empresa, ou um grupo de pessoas, ou uma organização, ou até mesmo captados da natureza de forma automática, mas encontrados fora do sistema. Neste nível, o *software* em execução no sistema visita uma fonte de dados que se encontra na internet ou acessível pelo *software* – um bom exemplo, ainda utilizando o contrato de opção de compra de ações como cenário, seriam as cotações do preço de ações obtidas dos servidores da CVM, ou os dados bancários de um servidor do banco em que o vendedor receberá o pagamento. Estas informações são capturadas e levadas pelo *software* ao sistema, permitindo que este tome decisões automatizadas sobre a execução contratual (CUTTS, 2019, p. 413-414).

O tipo mais avançado de oráculo seria um ‘oráculo de consenso’, no qual vários usuários atuam como oráculos e o programa extrai qualquer valor que todos concordaram como sendo o mais preciso em relação ao assunto. Mesmo a votação por maioria simples pode tornar mais difícil corromper usuários suficientemente envolvidos para fraudar um determinado *smart contract*, e alguns oráculos de consenso usam seus próprios protocolos de consenso, nos quais os usuários são recompensados por sua participação e por chegarem a um acordo sobre um determinado *smart contract* (GRIMMELMANN, 2019, p. 15).

Independentemente do tipo de oráculo, este então fornece ao sistema os dados relevantes para confirmar o desempenho de cada parte. O sistema pode monitorar o desempenho das partes para garantir que as condições do contrato sejam atendidas e, quando atendidos, a contrapartida executada automaticamente, resultando, de acordo com a teoria de Szabo, no desenvolvimento de confiança e boa-fé como resultado da transação comercial no contexto de um *smart contract*.

Quanto ao terceiro ponto, o termo em inglês “*privity*”, aqui traduzido livremente como subjetividade limitada, diz respeito à teoria do *common law* segundo a qual um contrato não deve conferir direitos ou obrigações a outras pessoas senão aquelas que são partes do contrato. Quando aplicada a um *smart contract*, a subjetividade limitada é aplicada de forma semelhante, na medida em que apenas as partes envolvidas devem ser titulares dos direitos e obrigações em discussão, mas envolve também questões adicionais relacionadas à confidencialidade e segurança das identidades das partes e dos dados da transação, pontos que serão também analisadas em maior detalhe, tendo em vista os problemas associados à identificação precisa de partes no *blockchain*.

A exequibilidade é o quarto aspecto fundamental dos *smart contracts*. No contexto jurídico, exequibilidade de um contrato é existente se um tribunal entende que aquele contrato vincula as partes ao seu cumprimento, conceito que será enfrentado em outros capítulos. Nos *smart contracts*, entretanto, a exequibilidade tem outro significado, na medida em que a obrigatoriedade do cumprimento é garantida não por meio da mudança do comportamento das partes a partir do incentivo gerado pelas multas aplicadas em caso de quebra contratual, ou ainda pela força do Estado em caso de descumprimento das obrigações, mas sim porque o sistema irá automática e obrigatoriamente garantir que a contrapartida contratual seja executada.

Cutts (2019, p. 392) divide a exequibilidade em dois aspectos e a chama de automação positiva (a execução contratual é automática, independente de um ser humano) e automação negativa (a execução contratual é inexorável, não pode ser interrompida por agentes externos).

Para alguns, a primeira, e provavelmente a mais importante, característica de um *smart contract* é que ele não pode ser quebrado – a automatização negativa. O *smart contract* não só automatiza a execução contratual, mas também evita interferências externas – ou seja impede que a execução contratual seja alterada ou interrompida.

Como consequência, não há espaço para boa-fé objetiva ou necessidade de uma parte contratual acreditar no desempenho de sua contraparte, ou de qualquer intermediário, para garantir a execução: a execução é inevitável.

Tem-se, neste cenário, que a exequibilidade decorre não dos tribunais, mas do código. Mais ainda: os tribunais não têm, em diversas formas dos *smart contracts*, como se verá, capacidade fática de interromper a execução contratual. Esta característica gera disrupções significativas no sistema jurídico e pode permitir situações antes inimagináveis, como a indenização anterior à execução contratual que gera o dano, tendo em vista a inevitabilidade desta última.

Imagine a contratação de acesso à versão online do seu jornal favorito. Pode-se fazê-lo por telefone, de forma manual, mas também pode-se realizar toda a contratação utilizando o website, um nome de usuário, senha e o seu cartão de crédito: imediatamente após a aprovação do pagamento, sua senha de acesso lhe permitirá acessar o conteúdo adquirido e enquanto os pagamentos mensais forem realizados, você continuará tendo o acesso em questão. A contratação é realizada sem a necessidade de intervenção humana.

Esse acesso, por outro lado, permanece sob a jurisdição dos proprietários daquele periódico. Se o jornal desejar revogar ou interferir de alguma forma no seu acesso do

leitor, isso pode ser feito a qualquer momento. Este é o ponto que separa a automação positiva da automação negativa.

Os estudos nacionais sobre o assunto dividem-se entre afirmar que os *smart contract* são disruptivos e definem-se pela automação negativa<sup>36</sup> (FALEIROS JÚNIOR e ROTH, 2019, p. 49), enquanto outros voltam o foco à automação positiva como elemento definidor dos *smart contracts*<sup>37</sup> (MARIANI, 2019, p. 19; KÄERCHER, 2019, p. 53).

No exterior, os principais estudos sugerem que os *smart contracts* não estão sujeitos a qualquer tipo de supervisão legal e, portanto, seriam autoexecutáveis e autoexequíveis (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 320): características decorrentes, em regra, do sistema *blockchain* utilizado para sua implementação (CUTTS, 2019, p. 392-393).

Nosso entendimento é de que a automação negativa é, certamente, um dos principais aspectos disruptivos dos *smart contract*, entretanto, entendemos ser possível a supervisão e regulação dos *smart contracts*, dados os diversos tipos de arquiteturas de *blockchain* existentes. Em nossa visão, a depender do uso, da existência de hipossuficiência, do tipo de mercado ou do microssistema, tipos diferentes de *blockchain* e, conseqüentemente, de *smart contract*, podem ser mais úteis para as partes e escolhidos para cada transação específica.

Nossa definição é a seguinte: *smart contracts* são programas de computador, escritos em linguagem formal, cujo objetivo é viabilizar a realização de negócios diferidos no tempo por meio da automação da sua execução. Pode-se considerar, e prever, a futura probabilidade do uso de linguagem natural, mas este ainda não é viável com a tecnologia corrente. Os objetivos funcionais de uso dos *smart contract* são similares aos de contratos, mas diferenças significativas na execução alteram substancialmente os casos de uso, riscos e vantagens, como se analisará.

Os *smart contracts* como imaginados por Szabo não precisavam do uso de tecnologia sofisticada. De fato, a máquina de venda automática – aquela máquina em que se compram refrigerantes ou snacks em aeroportos e universidades – era a ilustração

---

<sup>36</sup> “Nesse contexto, tem-se os contratos inteligentes (*smart contracts*), como o Ethereum, marcados pela viabilidade de codificação de instrumentos contratuais em uma *blockchain* para torná-los autoexecutáveis, sem possibilidade de recurso ou reversão” (FALEIROS JÚNIOR e ROTH, 2019, p. 49).

<sup>37</sup> “Assim, entende-se que a definição de *smart contract* é aquela dada pelo próprio Szabo em seu site pessoal: um *smart contract* é uma aplicação computadorizada que executa os termos de um contrato [...]” (MARIANI, 2019, p. 19). “*Smart contract* ou contratos inteligentes são protocolos computacionais que agem independentemente de controle dos intermediários para executar propósitos específicos. Eles nada mais são do que um conjunto de códigos algoritmos, que seguem a uma programação desencadeando um evento” (KÄERCHER, 2019, p. 53).



principal de Szabo em seu paper sobre *smart contracts* (SZABO, 1997), antes da existência do *blockchain*.

Apesar de sua simplicidade, o mecanismo elétrico de uma máquina de venda automática é um bom exemplo porque é responsável por duas tarefas cruciais. Em primeiro lugar, a máquina tem um impacto direto na execução das obrigações contratuais, recebendo dinheiro e entregando a mercadoria, envolvendo agentes que não tem confiança subjetiva um no outro (automação positiva). Em segundo lugar, ela integra segurança suficiente para garantir que o custo de uma violação – quebrar o vidro para roubar os produtos, por exemplo – supere os possíveis benefícios de fazê-lo (automação negativa, ao menos relativa). Com simplicidade, a máquina de venda automática serve como alegoria para todo o contexto contratual das transações que acontecem envolvendo a compra de mercadorias de forma automática.

A máquina de venda automática garante o desempenho contratual ao estabelecer regras de uma transação comercial que a permite operar de forma autônoma. Os compradores não são obrigados a confiar em nenhuma contraparte ou intermediário. Eles podem simplesmente confiar em uma máquina.

A máquina de venda automática não apenas fornece o ativo sem exigir nenhuma operacional manual, mas também garante que a transação não possa ser prontamente interrompida por um único agente (CUTTS, 2019, p. 411). Para que as ideias fundamentais dos *smart contracts* sejam então implementadas, precisamos encontrar uma plataforma que ofereça essas características.

A compreensão de Szabo sobre *smart contracts* – que a tecnologia poderia fazer cumprir acordos em vez do sistema legal – é, em muitos aspectos, agnóstica em relação ao tipo e design de tal sistema substitutivo (RASKIN, 2017, p. 306). Com certeza uma espécie de código, certamente eletrônico, mas não necessariamente com um formato único. Para parte dos estudiosos sobre o tema, os princípios básicos dos *smart contracts* não requerem necessariamente uma tecnologia específica<sup>38</sup>, muito embora o termo *smart contracts* seja raramente utilizado sem uma referência à tecnologia *blockchain*<sup>39</sup>.

---

<sup>38</sup> Com esta posição, citem-se Alharby e Moorsel (2017); Cutts (2019); Verstraete (2019); Werbach e Cornell (2017); Grimmelmann (2019); Unsworth (2019); Levy (2017); Bakshi, Braine e Clack (2016). Outros associam os *smart contracts* ao *blockchain*, como Wright e De Filippi (2015); O'Shields (2017); Swan, (2015), mas não necessariamente adentram no debate da possibilidade de existência de outra tecnologia futura que suplante o *blockchain*.

<sup>39</sup> Alguns estudos definem *smart contracts* como dependentes da tecnologia *blockchain*, ou reconhecem a evolução do termo no sentido de incorporar a tecnologia *blockchain* em seu próprio conceito, como exemplos: “[*Smart contracts* são] um pedaço de código de *software*, implementado em uma plataforma *Blockchain*, que garante a auto-execução e a natureza autônoma de seus termos, acionados por condições

A analogia de Szabo, relacionada às máquinas de venda automáticas (SZABO, 1997), é interessante também na medida em que serve como ilustração do citado agnosticismo quanto ao meio para execução dos princípios de automação da execução contratual.

De toda forma, não se pode afastar o fato de que, atualmente, a tecnologia *blockchain* é a única forma que conseguiu, praticamente, executar a implementação da ideia de *smart contracts*. É hoje amplamente compreendido que todos os princípios e funcionamentos descritos neste capítulo tornaram-se viáveis exclusivamente com o advento da tecnologia *blockchain*, em 2008 (CUTTS, 2019, p. 394).

Finalmente, importante ter em mente que os princípios e ideias por trás dos *smart contracts* não nascem ou morrem exclusivamente na estrutura do *blockchain*. A análise dos *smart contracts* podem ser realizadas de forma proeminentemente com fundamento nas ideias e suposições que suportam os *smart contracts* em todas as formas potenciais. Ainda assim, é sem dúvida crucial detalhar como a tecnologia *blockchain* tornou-se uma plataforma para tornar real a visão de Szabo de *smart contracts*.

---

definidas previamente e aplicadas a ativos inscritos no sistema *blockchain*". Tradução livre do original: "[*smart contracts* are] a piece of software code, implemented on a Blockchain platform, which ensures self-performance and the autonomous nature of its terms, triggered by conditions defined in advance and applied to Blockchain-titled assets" (SAVELYEV, 2017, p. 127). "[...] a tecnologia *blockchain* viabiliza *smart contracts* que permitem aos codificadores programar, sobre as trocas de moeda, condições específicas sob as quais essas trocas ocorrerão". Tradução livre do original: "[...] *blockchain* technology permits 'smart contract' that allow coders to layer on top of currency exchanges particular conditions under which those exchanges will occur [...]" (RODRIGUES, 2019, p. 680). "*Smart contracts* são programas implantados como dados no ledger do *blockchain* e executados em transações no *blockchain*. Os *smart contracts* podem conter e transferir ativos digitais gerenciados pelo *blockchain* e podem invocar outros *smart contracts* armazenados no *blockchain*. O código de *smart contract* é determinístico e imutável depois de implantado." Tradução livre do original: "Smart contracts are programs deployed as data in the blockchain ledger and executed in transactions on the blockchain. Smart contracts can hold and transfer digital assets managed by the blockchain and can invoke other smart contracts stored on the blockchain. Smart contract code is deterministic and immutable once deployed" (XU, WEBER e STAPLES, 2019, p. 7).

## 1.1. O *blockchain*

Na época em que a ideia dos *smart contract* era desenvolvida, no final da década de 1990, a proposta era extensivamente teórica – inexistiam, para todos os efeitos, plataformas ou tecnologias práticas que pudessem programar a visão de Szabo, até o advento das versões mais modernas das *blockchains*, especialmente em 2013 (ANTONOPOULOS e WOOD, 2019). A fim de compreender o funcionamento dos *smart contracts*, torna-se necessário entender o que é a inovação denominada *blockchain* e precisamente como ela se relaciona e interage com os *smart contracts*, na medida em que o seu funcionamento é, muitas vezes, causa e solução de potenciais impactos significativos no direito contratual, o que se analisará mais à frente.

Transações eletrônicas viabilizadas pela internet sempre digladiaram com uma série de problemas associados à privacidade, segurança e confiança, e desde 1981 pesquisadores exploram soluções para estes tipos de questões (TAPSCOTT e TAPSCOTT, 2016, p. 72).

Isso ocorre porque, no mundo real, a posse física e a tradição são âncoras especialmente poderosas com relação à solução de diversos problemas relacionados à confiança e à realização de um negócio – a entrega da chave ou dos valores, em mãos, suplanta qualquer necessidade etérea de confiança na outra parte. O dinheiro, aliás, é uma tecnologia particularmente engenhosa: permite o pagamento de uma pessoa a outra, por meio da tradição, de qualquer bem ou serviço que se imagine. Eletronicamente, um intermediário, como um banco, pode realizar o processamento do pagamento, realizado de forma instantânea por PIX, e o saldo imediatamente dá ao vendedor a segurança de que o pagamento foi concluído.

Por outro lado, dados eletrônicos não possuem as características necessárias para tal controle exclusivo; em vez disso, os dados são reproduzidos, não entregues, durante o processo de transferência. Na maioria dos casos, a tradição da propriedade física é suficiente para garantir a segurança de que houve o recibo, e este fato torna simples a existência e operação de comércio simples sem uma autoridade central. As partes se contentam em negociar diretamente umas com as outras, sem a necessidade de consultar quaisquer outras autoridades.

No entanto, no domínio digital, o sistema não funciona da mesma forma. A razão para tal não é que os ativos digitais são intangíveis, mas sim porque eles são não-excludentes (é muito oneroso impedir que outros usuários se beneficiem do bem) e não-

rivais (o uso por uma pessoa não impede outros de utilizarem o mesmo bem) (GREEN e RANDALL, 2009). A transferência de informação digital não requer a entrega do objeto de transferência, como uma moeda ou um veículo: as informações são duplicadas. Após a transferência, tanto o cedente como o cessionário terão uma cópia dos dados em sua posse.

Como resultado, se quisermos que os dados ajam como uma transferência de ativos do mundo real – ou seja, se quisermos ser capazes de vincular dados a apenas uma pessoa – há dois desafios a serem superados: a existência de um método para transferir dados eletrônicos de uma pessoa a outra e uma maneira de evitar que as partes desses negócios alterem ou frustrem os termos e a execução contratual (CUTTS, 2019, p. 399).

A solução mais direta para essas questões é uma abordagem centralizada, com a qual já estamos familiarizados. Dependemos de terceiros que são mutuamente confiáveis para nos informar sobre quem possui o que: para ativos digitais, como nomes de domínio, o registro.br registra direitos de propriedade; para as transferências digitais de dinheiro, dependemos dos bancos e do Banco Central para processar os pagamentos e dar informações aos clientes sobre os saldos das suas contas; para propriedade de ativos financeiros, como ações, uma Bolsa de Valores (que, aliás, é privada, mas opera sob a supervisão de outra autoridade centralizada, desta vez pública, a CVM). Como se vê, o problema de confiança com ativos eletrônicos é, na maioria das vezes, remediado por terceiros que têm a confiança mútua de ambas as partes (CUTTS, 2019, p. 403).

A ambição de Szabo era trazer o conceito de vendas automatizadas de ativos para a arena digital e incorporar contratos em todos os tipos de propriedades avaliadas e controladas por meios digitais (SZABO, 1997). O primeiro passo para atingir esse objetivo era a possibilidade de se automatizar a venda de ativos digitais: registrar ativos digitalmente e programar computadores para reagir a eventos predefinidos.

Estes passos, como visto, já eram possíveis teoricamente desde a década de 60 (GOLDFARB, 1996) e são prática comum, por exemplo, no mercado financeiro. Contratos já podiam ser elaborados e executados de forma automática ou computadorizado. Szabo, entretanto, tinha uma visão mais disruptiva e liberal das transações eletrônicas – sua ideia era colocar o controle sobre os negócios jurídicos eletrônicos nas mãos dos usuários e longe de quaisquer potenciais intervenções governamentais. A manifestação digital de uma máquina automática de vendas requereria um sistema que conseguisse realizar negócios envolvendo dados eletrônicos de forma segura, de parte a parte, sem a intervenção de terceiros, e com um mecanismo que

garantissem a execução automática dos termos e a transferência e registro de bens (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 330).

Este sistema viria apenas com o desenvolvimento do *blockchain* e a contribuição dos algoritmos de consenso, que permitiram a transferência de ativos digitais de parte a parte sem a intervenção de uma autoridade central (CUTTS, 2019, p. 411).

O ano de 2008 é considerado o marco inicial da notoriedade da plataforma descentralizada denominada *blockchain*, por servir de sustentação para a criptomoeda<sup>40</sup> Bitcoin (NAKAMOTO, 2008), que explodiu nos anos de 2008 e 2009.

O *blockchain* possibilita a transferência de ativos digitais sem a necessidade de intermediários terceirizados. A inovação do *blockchain* é de natureza técnica, mas afeta também o âmbito político, eis que promove a possibilidade de que um conjunto de interessados cheguem, eles próprios, a um acordo sobre a resposta à questão de ‘quem é o proprietário de um bem’ (CUTTS, 2019, p. 405), e esta resposta é aceita como válida, verdadeira e legítima pelo sistema. Consequentemente, o *blockchain* permite que as partes interajam sem o envolvimento de autoridades centrais, de maneira comparável às vendas realizadas com a tradição de ativos físicos.

A arquitetura do *blockchain* é composta de três componentes ou características principais: (i) o *ledger*<sup>41</sup>; (ii) a distribuição e descentralização do *ledger*; e, (iii) o algoritmo de consenso. Esses três fatores trabalham em conjunto e estabelecem um processo que garante confiabilidade independente de uma autoridade central ou agente específico. Em outras palavras, os usuários podem ter certeza de que uma transação no *blockchain* é autêntica, correta e não foi duplicada de nenhuma forma (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 326).

O primeiro elemento, o *ledger* é, em sua essência, um livro-razão ou lista de transações. Ele divide os registros digitais de transações em pequenas partes (blocos) e mantém o controle da ordem em que esses blocos foram criados (a cadeia) (GRIMMELMANN, 2019, p. 7). Temos, pois, uma cadeia de blocos; em inglês, ‘a chain

---

<sup>40</sup> Trataremos de forma similar os conceitos de criptomoedas, criptoativos ou moedas virtuais – em todos os casos, referimo-nos ao tipo de ativo definido pela Diretiva 2015/849 da União Europeia como “moedas virtuais”: a “representação digital de valor que não seja emitida ou garantida por um banco central ou uma autoridade pública, que não esteja necessariamente ligada a uma moeda legalmente estabelecida e não possua o estatuto jurídico de moeda ou dinheiro, mas que é aceite por pessoas singulares ou coletivas como meio de troca e que pode ser transferida, armazenada e comercializada por via eletrônica.” Tal definição engloba tipos de ativos eletrônicos, inclusive aqueles que possuem maior ou menor similaridade com moedas fiduciárias, dadas suas características fundamentais.

<sup>41</sup> As traduções mais comuns para o *ledger* são ‘livro-razão’ e ‘lista’. Neste estudo, utilizaremos o termo original em inglês ‘*ledger*’ e, em português, a tradução ‘livro-razão’.

*of blocks*': 'a *blockchain*'. A separação em blocos é necessária para reduzir a taxa de verificação suficientemente de forma a permitir que os participantes processem o consenso – em sistemas fechados, a divisão em blocos não é necessária (HEARN e BROWN, 2019).

Nem todos os livros-razão agregam transações em cadeias de blocos, pelo menos não no sentido mais estrito do conceito. No entanto, o termo *blockchain* é frequentemente usado<sup>42</sup> para se referir a qualquer sistema que seja comparável no que toca ao uso de um livro-razão (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 325).

O livro-razão continua a se desenvolver e crescer à medida que novas transações autorizadas são adicionadas a ele regularmente. Uma transação é uma instrução assinada criptograficamente no *blockchain* – no caso do Bitcoin, ela pode transferir tokens chamados Bitcoins, mas outros *blockchains* permitem operações mais complexas, inclusive associadas a bens existentes no mundo real.

As transações são realizadas por duas ou mais chaves públicas criptográficas, depois que realizam a assinatura, também segura criptograficamente, utilizando as chaves privadas de ambas as partes. Os blocos de transações são formados pelo agrupamento de transações semelhantes. Cada bloco inclui uma referência abreviada ao bloco anterior, o que é conhecido como *hash* criptográfico, e garante que os blocos estejam sempre na sequência correta (WERBACH, 2018, p. 326-327). Qualquer um pode acessar o livro-razão de um *blockchain* público e rastrear as transações até a sua criação. No caso do Bitcoin, por exemplo, é possível verificar todo o histórico até o bloco inicial de Bitcoin<sup>43</sup>, gerado por Satoshi Nakamoto (NAKAMOTO, 2008).

A princípio, ninguém pode editar uma transação existente, pois cada bloco está conectado ao próximo em uma cadeia imutável de blocos – entretanto, como se pode garantir que não haverá alteração na ordem de registros ou na cadeia?

Considere o seguinte cenário: uma lista na geladeira de uma casa que serve para registrar quem lavou a louça pela última vez – este é o nosso livro-razão. Os benefícios de se ter uma lista de discussão pública são óbvios: ela é acessível a todos da casa e é simples de modificar – basta que o último lavador de louças inclua seu nome, e talvez a

---

<sup>42</sup> Porque o assunto ainda está em desenvolvimento, há alguma variação nas nomenclaturas em uso: por exemplo, Cutts (2019) prefere usar o termo protocolo de consenso cego ("*blind consensus protocol*") e plataforma de consenso cego ("*blind consensus platform*"), entretanto, a maioria dos estudos sobre o tema utiliza simplesmente o termo *blockchain*, que será utilizado no presente trabalho.

<sup>43</sup> A título de exemplo, a ferramenta disponível em <https://www.blockchain.com/explorer> permite ver todas as transações já realizadas na história do Bitcoin.

data em que lavou a louça. As desvantagens, por outro lado, são igualmente claras: alguém pode tentar modificar a lista para obter uma vantagem, no caso, passar mais tempo sem lavar a louça da casa, e ainda contar para os primos como conseguiu enganar o irmão mais novo. Como solucionar este problema?

Uma opção que rapidamente vem à mente é que uma pessoa na casa pode ficar com a responsabilidade de manter a lista segura e sem alterações. Quem sabe a lista fique guardada na gaveta com chave do seu quarto. No entanto, esta solução traz outros problemas: o responsável pode cometer um erro; ou não ter disponibilidade durante a semana para atualizar a lista; ou não ser confiável e modificar a lista em seu próprio benefício (afinal de contas, esta pessoa também não quer lavar a louça, ou pode ser corrompida por um dos lavadores para mudar os dados da lista).

Para evitar que as pessoas alterem a lista em seu próprio benefício, é necessário que a nossa lista seja pública e esteja sujeita, de forma absoluta, às regras de consenso de todos os indivíduos que possuem qualquer interesse na lista. Estas são a segunda e terceira características principais do *blockchain*: o livro-razão é descentralizado (podendo ser público, ou, ao menos, público em relação a todos os participantes que nele possuem interesse) e possui um algoritmo de consenso que resolve os problemas de confiança entre as partes.

Um livro-razão descentralizado ou distribuído permite que qualquer número de computadores mantenha um registro idêntico das informações sem a necessidade de consultar uma única cópia mestre – na verdade, não existe uma cópia mestre central (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 325). Qualquer pessoa, no caso de um *blockchain* público, e as pessoas com acesso, no caso de um *blockchain* privado, podem baixar uma cópia integral do livro-razão e guardá-la ou verificá-la.

A diferença entre descentralização e distribuição está no fato de que, na definição mais estrita, plataformas descentralizadas ainda possuem nós com maior densidade informacional e que viabilizam acesso aos usuários – ou seja, saímos de uma autoridade central para várias autoridades centrais. Por outro lado, na distribuição, cada um dos nós de uma rede possui a integralidade dos dados, no caso, do livro-razão. As redes *blockchain* tem o potencial de serem descentralizadas e distribuídas<sup>44</sup>. A seguinte imagem é útil para esclarecer o ponto:

---

<sup>44</sup> As particularidades acerca das diferenças entre redes distribuídas e descentralizadas não será focado, eis que as questões a ele associadas são mais relevantes sob a perspectiva do processamento dos dados do que

**Imagem 1. Diferença entre redes centralizadas, descentralizadas e distribuídas**

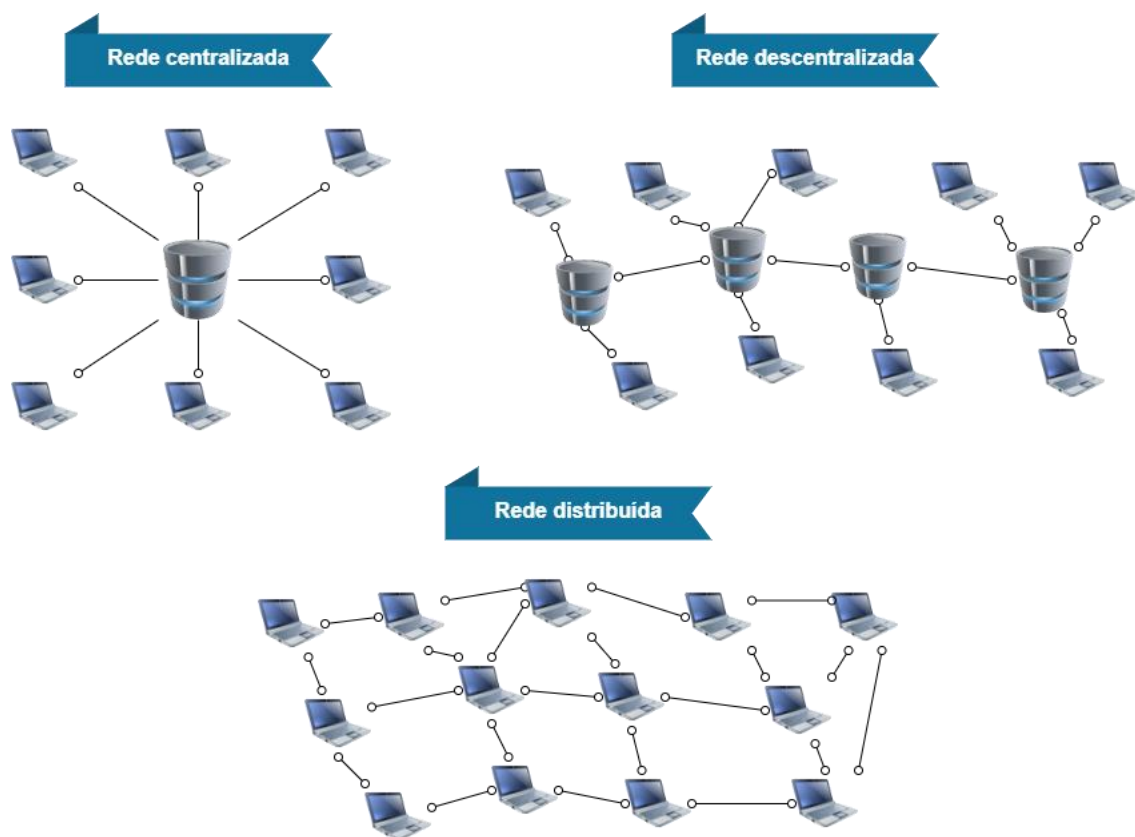


Imagem elaborada pelo autor<sup>45</sup>.

O desenvolvimento da tecnologia de livros-razão distribuídos a partir dos anos 90 revolucionou os métodos de tomadas de decisão descentralizadas. Os livros-razão distribuídos substituem o antigo método de armazenamento de dados em um livro-razão centralizado pelo uso de computadores separados e independente, muitas vezes chamados de 'nós' (*'nodes'*), para registrar, sincronizar e compartilhar transações individuais em seus próprios *ledgers* eletrônicos (CLOHESSY, ACTON e ROGERS, 2019, p. 48).

O *blockchain*, pois, não é mantido em um local centralizado, como um banco de dados governamental ou de uma empresa. Em vez disso, os computadores que executam o *software* daquele *blockchain* específico se comunicam entre si por meio de uma rede *peer-to-peer* em que cada computador mantém, ou pode manter, caso queira, uma cópia completa do livro-razão. Cada transação é transmitida pela rede para todos os

---

sob a perspectiva jurídica. Para o nosso foco de estudo, importa mais a mudança de redes centralizadas para redes descentralizadas ou distribuídas, em que questões jurídicas significativas são encontradas.

<sup>45</sup> Todas as imagens, diagramas e tabelas elaboradas pelo autor foram desenvolvidas utilizando a ferramenta gratuita disponível em draw.io.



computadores, que então adicionam blocos válidos ao *blockchain* mantendo a integridade do livro-razão (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 327).

Em resumo: *ledgers* descentralizados são livros-razão de transações online, mantidos de forma distribuída e disponível para todos que têm acesso, com sua integridade suportada por um algoritmo de consenso.

Deve-se acrescentar que, na prática, os participantes do *blockchain* não precisam, necessariamente, ter um computador executando o *software* e conectado à rede: ele pode simplesmente contratar um terceiro que ofereça os serviços de acesso ao *blockchain*. Nesse caso, há obviamente o risco de que este provedor de serviços cometa fraudes ou erros, e está-se afastando do conceito original de Szabo ao incluir terceiros intermediários no processo. Inobstante, parece-nos inevitável que a democratização dos *smart contracts* venha na esteira do desenvolvimento de várias (e grandes) empresas de processamento e acesso a *blockchains*.

Voltando à descentralização e distribuição do *ledger*, entretanto, uma questão não está ainda concluída: como todos os computadores têm suas próprias cópias do livro-razão, como garantir que todas possuam o mesmo conteúdo, e que transações diferentes não sejam incluídas de forma conflitante por diferentes computadores? A solução encontra-se no algoritmo de consenso – uma maneira de garantir que todos, ou pelo menos a maioria dos participantes ou interessados no livro-razão, consigam decidir qual versão do livro-razão é a correta e válida.

A terceira característica do *blockchain*, o algoritmo de consenso, é provavelmente a característica menos aparente do sistema, mas pode ser o avanço tecnológico mais importante. Devido à possibilidade de os participantes da transação não serem confiáveis, os sistemas de confiança descentralizados são difíceis de implementar. Além disso, sem a presença de uma instituição central confiável, como o Estado, as partes enfrentam um risco maior de que a outra não cumpra o acordo (BENTHAM, 1823 [1776]; HOBBS, 1974 [1651]), ao menos teoricamente.

Pode-se antecipar que alguns dos contratantes ou participantes da rede trapaceariam ou mentiriam, especialmente se houver um incentivo financeiro para isso. A perspectiva de que criminosos em uma rede *blockchain* possam roubar dinheiro ou vender os mesmos bens repetidamente faria com que a proposta da tecnologia estivesse fadada ao fracasso, por desinteresse e preocupação dos consumidores e empresas.

Uma das inovações mais significativas do *blockchain* é que ele inverteu a estrutura de incentivos, fornecendo aos participantes da rede um motivo para seguir o consenso em vez de agir desonestamente, ao contrário dos sistemas criptográficos anteriores.

Mineração é o termo usado para descrever a estratégia do *blockchain*, originalmente desenvolvido para uso do sistema de Bitcoins, de chegar a um acordo. Os participantes da rede fazem tentativas repetidas de resolver problemas matemáticos de *hashing* criptográfico com base nas transações em um novo bloco proposto no *blockchain*. Esses quebra-cabeças têm uma complexidade variável e o novo bloco, baseado nessa solução, é distribuído pela rede. Depois de verificar a legitimidade do novo bloco, os outros nós irão adicioná-lo ao *blockchain*. Em caso de desacordo, eles seguirão a cadeia mais longa do livro-razão, que é aquela que tem o respaldo da maioria dos participantes da rede. Compensação financeira é dada aos participantes que tiverem sucesso em propor o novo bloco de dados. Esse sistema é escalonado de maneira harmoniosa: quanto mais valor é introduzido no sistema e quanto maior o número de indivíduos que o desejam, mais difícil é comprometer o sistema.

Um dos aspectos intuitivos de sistemas *blockchain* é a possibilidade de que a compensação financeira seja realizada em moeda gerada e utilizada dentro do próprio sistema – algo similar, por exemplo, a receber “créditos” de um sistema de venda online em leilões com a venda de um produto, ao invés de dinheiro. Devido ao fato de que o Bitcoin e os demais *tokens* mais comuns podem ser negociados por moedas convencionais, os incentivos lucrativos para a mineração, o consenso e a manutenção do consenso são aumentados.

Sob a perspectiva do funcionamento do “mercado” dessas moedas eletrônicas, elas são geradas no início por meio da mineração, como já indicado, mas o prêmio da mineração diminui à medida que transações são realizadas e, eventualmente, tornam-se insuficientes. Quando chegarmos a este momento, a expectativa é de que o pagamento voluntário de taxas pelo mercado para a realização de transações manterá o sistema em funcionamento e os participantes encorajados, suficientemente, para o gasto de energia e esforço necessários para manutenção do consenso em novas transações (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 329).

O *blockchain* é resistente a ataques por causa dos incentivos que os participantes recebem para a mineração – uma espécie de boa-fé objetiva do *blockchain*. Quando os blocos válidos são confirmados, os mineradores têm a motivação de usar o máximo de poder de processamento possível para confirmá-los, pois isso aumenta suas chances de

receber a recompensa do bloco. Participantes mal-intencionados estão essencialmente lutando contra todo o poder de processamento disponível na rede para roubar informações ou manipular o livro-razão (GRIMMELMANN, 2019, p. 7).

Novos blocos são incluídos no livro-razão e aceitos pelo consenso se o participante conseguir resolver o desafio de *hashing* antes que outra pessoa o faça primeiro. Devido ao fato de que cada bloco está conectado ao anterior, à medida que a cadeia cresce em comprimento, torna-se ainda mais difícil alterar uma série de transações previamente concluída (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 328).

É aqui que os *blockchains* adquirem sua resistência à corrupção: qualquer pessoa que deseje adulterar o livro-razão precisará subornar um número considerável de participantes, não apenas um, a fim de cumprir seu objetivo.

O algoritmo de consenso, fundamentado em severas restrições matemáticas que o sustentam, torna muito difícil atualizar unilateralmente o *ledger* em face de um forte consenso oposto que a sustenta. Nenhuma entidade tem controle ou manipulação sobre o livro-razão, portanto, como resultado, diz-se que o *blockchain* é desintermediado: carece de qualquer intermediação.

O *blockchain* remove o intermediário do processo de troca. Ele permite que os participantes transfiram dinheiro ou outros ativos online de forma segura entre si, sem depender de uma instituição centralizada para manter um banco de dados de proprietários, bens e localização desses bens.

Sob a alegação da desintermediação “total”, cabe um esclarecimento. No *blockchain*, o processo de validação é distribuído e público – qualquer pessoa que tenha interesse pode fazer parte do processo. Na teoria, todavia, para que houvesse desintermediação total, os usuários da rede também deveriam ser mineradores, de maneira a evitar que haja dois tipos de participantes: aqueles que utilizam o sistema de maneira análoga aos consumidores regulares e aqueles que contribuem para o sistema confirmando informações transacionais. Na prática, existem dois grupos totalmente separados de usuários e confirmadores ou mineradores, e, ainda, as empresas e companhias que dão aos usuários acesso ao *blockchain*. Os mineradores, sem dúvida, são intermediários daqueles usuários que não fazem parte do processo de validação. Assim, tem-se uma questão adicional: é melhor alocar a confiança em uma variedade de

intermediários (mineradores, empresas para acesso ao *blockchain*, os criadores e mantenedores dos códigos) ou em uma autoridade central<sup>46</sup>?

No entanto, entendemos que ainda pode-se dizer que o sistema é desintermediado no sentido de que intermediários convencionais, centralizados, não estão envolvidos no processo. O cerne da diferença está na retirada do controle e do poder das mãos de autoridades centralizadas hiperpoderosas, como governos e grandes companhias (CUTTS, 2019, p. 444), e transformação dos *players* em potenciais controladores e validadores dos negócios.

Os sistemas anteriores de transferências e finanças digitais dependiam de um curador das transações, uma autoridade centralizadora para manter o controle sobre a lista de ativos atribuídos a determinados indivíduos. Como resultado, no passado, para transferir a propriedade de uma ação da empresa X de Tício para Mévio, deve-se primeiro entrar em contato com a autoridade central responsável pela lista, talvez a Bolsa de Valores, e solicitar que o registro "Tício é dono de uma ação da empresa X" seja alterado para "Mévio é dono de uma ação da empresa X". É necessário que os envolvidos arquem com as despesas e os riscos associadas à gestão da lista, bem como o risco de que o responsável pela lista cometa erros ou manipule a lista de alguma forma.

O *blockchain* apresenta uma solução para a questão dos intermediários, eliminando-os da equação e substituindo-os pelos próprios usuários. Qualquer usuário pode, também, ser um minerador e, portanto, validador da informação, caso queira. Um algoritmo de consenso para manter uma lista descentralizada de quem possui o que é fornecido pelo próprio grupo de interessados. Para lidar com o problema da coordenação, um método de prova de trabalho é usado, o que torna mais caro e difícil comprometer a lista.

Uma das mais significativas decisões de design em um *blockchain* é o fato de que todas as transações são criptograficamente seguras. Apenas transações assinadas digitalmente (geralmente pela pessoa que paga por elas ou transfere ativos) são aceitas para processamento, e somente se a chave privada usada para as assinar for conhecida apenas por essa parte (ou deveria ser conhecida apenas por essa parte). Novas transações

---

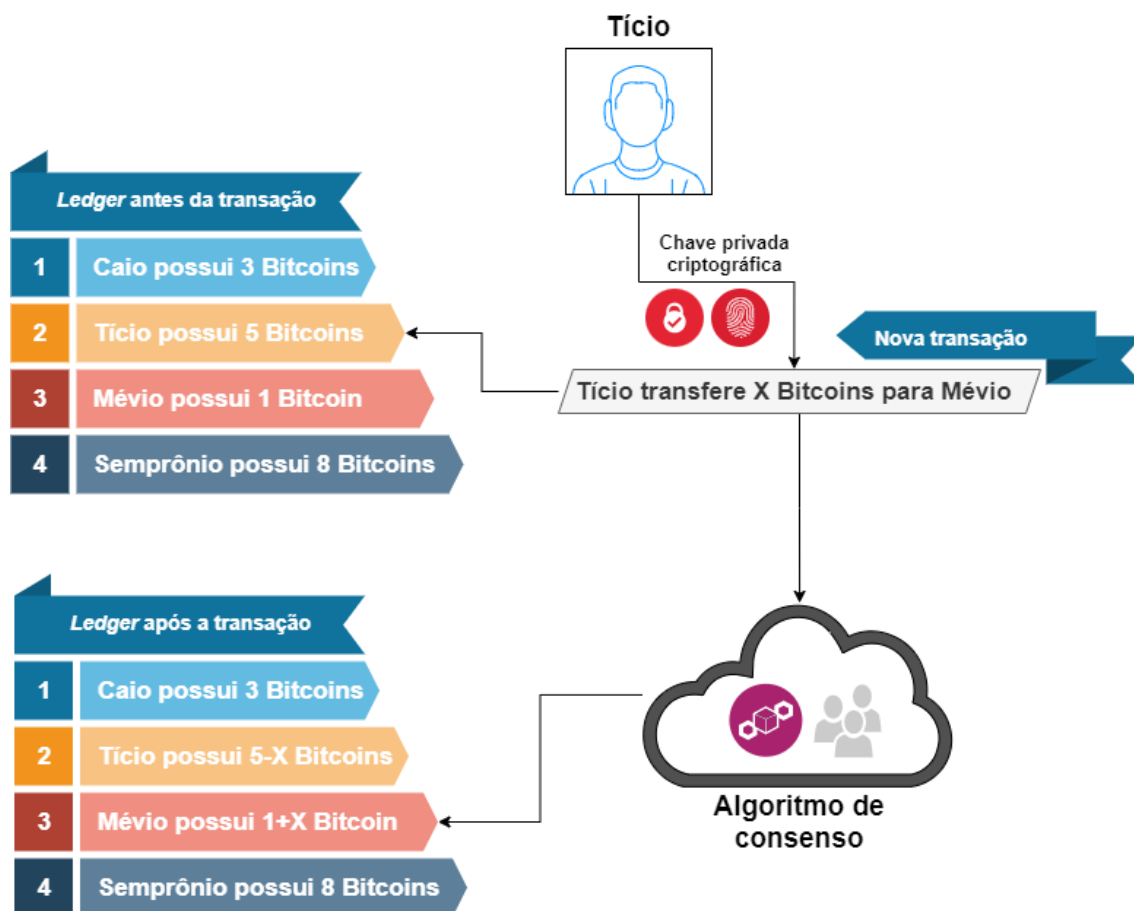
<sup>46</sup> A questão é complexa. Há posicionamentos e estudos que indicam que a integridade das informações é maior e os custos são menores em sistemas com menor centralização da intermediação, enquanto outros indicam que a alocação de riscos em plataformas descentralizadas é menos eficiente para os participantes. Apenas a título de exemplo, ver Casey e Vigna (2018) e Swan (2015) no sentido de que a descentralização é eficiente. Para uma posição contrária, com a indicação de que os riscos e custos são maiores que as vantagens, veja Schneider (2019) e Cutts (2019).

também precisam ser consistentes com o histórico de transações no *blockchain*: por exemplo, não se pode enviar Bitcoin a alguém a menos que já o tenha recebido em uma transação com outra parte, ou em processo de mineração (GRIMMELMANN, 2019, p. 7). Quando considerados em conjunto, esses requisitos de consistência garantem que apenas as partes que possuem ativos digitais têm permissão para utilizá-los em interações transacionais.

O algoritmo de consenso faz com que os livros-razão descentralizados sejam, portanto, entidades ativas, não passivas. Eles não apenas registram as informações das transações – eles são parte do consenso e garantem que as transações sejam completadas, incluídas e validadas na nova versão do livro-razão (WERBACH, 2018, p. 507). Como já indicado, porque o histórico do livro-razão é mantido na integralidade de forma descentralizada e indica quem possui quais ativos, não é possível a um participante tentar vender um ativo que ele não possui, seja porque nunca o teve, seja porque já o transferiu para outra pessoa.

O diagrama abaixo ilustra o funcionamento de um livro-razão descentralizado baseado em um algoritmo de consenso.

**Imagem 2. Diagrama do fluxo e funcionamento de uma transação em um livro-razão descentralizado baseado em um algoritmo de consenso**



*Imagem elaborada pelo autor.*

Importante apontar que os nomes utilizados são apenas simbólicos e representam as chaves criptográficas públicas, sendo que cada pessoa pode ser titular de mais de uma chave criptográfica pública. Na prática, em um *blockchain*, esta chave não seria um nome, mas sim uma sequência alfanumérica<sup>47</sup>, e mais comumente publicada na forma de um endereço público, uma sequência alfanumérica mais curta derivada diretamente da chave pública através de uma função matemática<sup>48</sup> a fim de aumentar a segurança do usuário e não divulgar a chave pública abertamente na rede. Questões relacionadas à segurança, identificação, anonimato e capacidade dos participantes dos negócios serão analisadas no capítulo específico.

<sup>47</sup> Por exemplo, “3044022070615a406453bd71c5e91f3e8600d92fd929bea562eb3adf1e988e24e700d5ca02207f3c51f1481cb6ecd0e7a82632a399ed754c72a5c29e13ef2f47507ad8c2e11001023a60b750d8608064ccea1af4dfd71af8645734486549c22202d935c69bc96489”.

<sup>48</sup> Por exemplo, “1KFL3BqtoXQ9rMKsztVhgsvtFj6XFqKQB”.

A tecnologia do *blockchain* é inovadora de duas maneiras importantes: ela estabelece um sistema que permite realizar o registro seguro da propriedade de ativos sem o envolvimento de uma autoridade central e permite que transferências dessa propriedade ocorram entre os indivíduos (FAIRFIELD, 2014, p. 40). Porque a chave criptográfica privada utilizada tem o poder de transferir os ativos eletrônicos registrados no nome de uma pessoa, tem-se aqui o poder de disposição prevista no artigo 1.228 do Código Civil e a equalização do sistema a uma forma de propriedade legal (KARNAPP, 2018). Os problemas relacionados à potencial ausência do direito de reaver o bem de quem injustamente o detenha ou possua serão analisados separadamente.

Objetivamente, pois, o *blockchain* resolve quatro problemas fundamentais associados a negócios envolvendo ativos digitais e necessários para operacionalização dos *smart contracts*: descentralização dos dados para segurança, proteção contra alteração dos registros, solução do consenso e confiança mútua e permite a transação entre as partes, diretamente (BENNETT, 2019, p. 11). Tem-se, aqui, a máquina de vendas automática que Szabo havia teorizado.

Xu, Weber e Staples (2019) apresentam uma completa e precisa definição da tecnologia *blockchain*:

*Blockchains* são uma tecnologia digital emergente que combina criptografia, gerenciamento de dados, rede e mecanismos de incentivo para viabilizar a verificação, execução e registro de transações entre partes. Um registro [ou ‘livro-razão’] *blockchain* é uma lista (‘cadeia’) de grupos (‘blocos’) de transações. As partes que propõem uma transação podem adicioná-la a um conjunto de transações destinadas a serem gravadas no registro. Os nós (participantes) de processamento dentro do sistema *blockchain* pegam algumas dessas transações, verificam sua integridade e as registram em novos blocos no registro. O conteúdo do registro do *blockchain* é replicado em muitos nós de processamento distribuídos geograficamente. Esses nós de processamento operam o sistema *blockchain* em conjunto, sem o controle central de qualquer terceiro. No entanto, o sistema *blockchain* garante que todos os nós eventualmente cheguem a um consenso sobre a integridade e o conteúdo compartilhado do registro do *blockchain*<sup>49</sup>. (XU, WEBER e STAPLES, 2019, p. 3)

---

<sup>49</sup> Tradução livre do original: “Blockchains are an emerging digital technology that combine cryptography, data management, networking, and incentive mechanisms to support the checking, execution, and recording of transactions between parties. A blockchain ledger is a list (‘chain’) of groups (‘blocks’) of transactions. Parties proposing a transaction may add it to a pool of transactions intended to be recorded on the ledger. Processing nodes within the blockchain system take some of those transactions, check their integrity, and record them in new blocks on the ledger. The contents of the blockchain ledger are replicated across many geographically-distributed processing nodes. These processing nodes jointly operate the blockchain system, without the central control of any single trusted third-party. Nonetheless, the blockchain system ensures that all nodes eventually achieve consensus about the integrity and shared contents of the blockchain ledger” (XU; WEBER; STAPLES, 2019, p. 3).

Em outras palavras, uma *blockchain* não é nada mais que um banco de dados eletrônico distribuído mundialmente (e não mantido em um servidor central) em que transações são gravadas, verificadas e validadas por todos os participantes ('nós') da rede. A sua segurança decorre da descentralização: seria necessário controlar mais da metade dos nós para alterar os registros, o que é tecnicamente possível, mas economicamente inviável (WANG, 2018, p. 37). Dada a impossibilidade prática de alteração das informações dos bancos de dados e do histórico de transações, haveria mais segurança e confiança entre todos os participantes, superando-se, pois, a necessidade de um organizador central.

O uso do *blockchain* traz uma série de vantagens (e desafios) associados à transparência (KOSBA, MILLER, *et al.*, 2016) e à privacidade dos dados pessoais (ZYSKIND, NATHAN e PENTLAND, 2015), bem como maior garantia de integridade dos dados no tempo (MENDLING, WEBER, *et al.*, 2018).

Bitcoin, o ativo digital que não depende de governos, bancos ou outras entidades intermediárias, é a prova de uso da tecnologia *blockchain*, na visão original do autor (NAKAMOTO, 2008), e foi o avanço que elevou a ideia de Szabo de *smart contracts* ao status de mais do que uma mera curiosidade.

Desde o momento em que foi mencionado pela primeira vez em um *paper* publicado na internet, em 2008, pelo pseudônimo Satoshi Nakamoto, o Bitcoin despertou a curiosidade do público. Quase quinze anos desde a publicação do artigo de Nakamoto, o Bitcoin criou todo um ecossistema de desenvolvedores, empresários, investidores, comerciantes e analistas dedicados a alcançar uma visão de mudança econômica e social tecnologicamente habilitada.

No tocante à sua natureza econômica, estudos recentes indicam que o Bitcoin não pode ainda ser considerado moeda, por não possuir de forma bem definida as funções classicamente associadas a moedas, como reserva de valor e meio de pagamento (BUENO, 2020). Apesar deste ponto, seu uso vem crescendo e o Bitcoin é hoje aceito por mais de quinze mil empresas no mundo (SHEPHERD, 2021), incluindo grandes corporações como Microsoft, PayPal e Starbucks (BAMBROUGH, 2021).

Mesmo no Brasil, e apesar da ausência de regulamentação até o presente momento, diversas empresas aceitam ou trocam criptomoedas, como pode ser visto no recorte do mapa abaixo de São Paulo:



**Imagem 3: lista de empresas que aceitam ou trocam criptomoedas indicadas no mapa da cidade de São Paulo**



*Imagem obtida do site [coinmap.org](http://coinmap.org) em junho de 2021.*

Uma das características fundamentais do Bitcoin, decorrente do substrato tecnológico do *blockchain* que o suporta, é que ele permite que pessoas e organizações depositem sua confiança nas transações sem depender de intermediários terceirizados ou do sistema jurídico (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 325).

Para que uma moeda funcione, compradores e vendedores devem acreditar que os símbolos representativos que trocam por ativos de valor são, na verdade, ativos de valor em si próprios. Um papel com um desenho de lobo-guará propondo ter o valor de duzentos reais era absolutamente despido de valor até que o Brasil decidiu, no ano 2020, colocar a sua garantia e confiança no fato de que estes símbolos, agora, possuem valor. O valor decorre, pois, da confiança e sustentabilidade do governo que emite aquela moeda.

Por outro lado, como o Bitcoin é descentralizado, ele fornece um método de confiança que não depende do apoio de nenhuma organização ou governo confiável. A robustez técnica do Bitcoin decorre do fato de que ele fornece soluções para duas questões significativas. A primeira é a necessidade de escolher entre instruções concorrentes para

transferir uma determinada quantidade de Bitcoin. Se Tício diz à rede para enviar um Bitcoin para Mévio e, ao mesmo tempo, enviar um Bitcoin para Caio, e sua carteira possui apenas um Bitcoin, apenas uma transação será gravada no *Blockchain*: a transação que receber mais confirmações dos mineiros será executada primeiro.

A segunda é evitar qualquer possibilidade de reversão de uma transação que já foi verificada. Se Tício instrui a rede a enviar um Bitcoin para Mévio e, depois, instrui a rede a ‘cancelar a remessa para Mévio’ (indicar no livro-razão que, em verdade, Tício ainda é o titular, sem a assinatura ou solicitação de Mévio), os mineradores rejeitarão a transação porque podem verificar o livro-razão e confirmar que a remessa foi solicitada, validada e executada. Para que Tício cancele a transação “à força”, Tício terá que repetir o problema matemático que resultou na confirmação da transação original em questão. Quando isso acontece, ocorre uma ‘bifurcação’ (*hard fork*, assunto que será analisado), resultando em duas cadeias concorrentes (CUTTS, 2019, p. 408). Operações de mineração, entretanto, ignorarão o livro-razão proposto por Tício e a cadeia original do livro-razão continuará ininterrupta, tornando o livro-razão de Tício, que inclui o cancelamento da operação, obsoleta no processo. Tício precisaria de mais poder de processamento do que o resto da rede combinada para convencer o sistema que o consenso é de que o livro-razão correto é o seu.

A tentativa de Tício irá fracassar enquanto os mineradores honestos mantiverem a maioria desse poder de processamento, e a sua honestidade, como já analisado, decorre da compensação financeira recebida, um incentivo comportamental positivo poderoso (BAUM, 2005) que praticamente garante que o comportamento<sup>50</sup> dos mineradores será no sentido de confirmar a integridade do livro-razão (SKINNER, 1981), especialmente dada a descentralização que praticamente oblitera a potencial variância comportamental entre os mineradores.

Por estes motivos, o Bitcoin tem mantido valor significativo, como se ativo fosse, apesar de ainda lidar com significativas turbulências e escassas possibilidades efetivas de uso para troca, sendo difícil prever seus próximos passos. De toda forma, o sistema

---

<sup>50</sup> Poder-se-ia utilizar inúmeras teorias do comportamento para suportar a ideia verificada na prática de que o consenso e a compensação financeira garantem a integridade do *ledger* – aqui, escolheu-se o behaviorismo radical como opção significativa de fundamento para explicar o comportamento cooperativo dos mineradores. A análise do comportamento dos participantes de uma rede *blockchain* não será aprofundada nesta tese, e o tema pode compreendido pela leitura de Baum e Rachlin (1969), Glenn (1986) e Skinner (1976). Para análise do assunto em literatura nacional associada ao direito, sugere-se ler Todorov (2005) e Gobbo e Aguiar (2016).

*blockchain* dá aos Bitcoins as características de escassez, rivalidade, fungibilidade e exclusividade (BYRNE, 2018).

Ocorre, entretanto, que o *blockchain* Bitcoin se limita a funcionar como dinheiro, não sendo suficiente para operar a um objetivo mais amplo, como aquele imaginado por Szabo (TAPSCOTT e TAPSCOTT, 2016, p. 94). Esta limitação ocorre por design: a linguagem de programação utilizada nativamente pelo Bitcoin não permite outros usos senão dos tokens como moedas virtuais (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 334).

É vital sublinhar que o *blockchain* do Bitcoin serve como um registro de quem controla quanto de um determinado objeto, ao invés de um registro de quanto dinheiro é devido de uma parte a outra. O Bitcoin, ao contrário de outras formas de monetização, não funciona ou permite o funcionamento como uma rede de crédito. Essa é uma das razões pelas quais é simples fazer o salto conceitual e prático do *blockchain* Bitcoin para outros protocolos que hospedam ativos diversos.

A tecnologia *blockchain* é um sistema que abre a porta para o potencial de um tipo de ‘dinheiro’ que contém mais do que simplesmente valor: ele pode ter recursos ou características a ele atribuídos, como uma finalidade exclusiva (uma espécie de vale), uma data de validade ou o local onde seu uso é permitido (UK GOVERNMENT CHIEF SCIENTIFIC ADVISER, 2016). Exemplos incluem dinheiro com limites para o tipo de produtos e serviços que podem ser comprados com ele (por exemplo, um tipo de token virtual que somente pode ser usado para a aquisição de alimentos, no formato vale-alimentação) ou interação com o mundo real (alguém que aluga um veículo e sua chave de ignição para de funcionar porque não pagou o aluguel em dia ou porque seu contrato terminou).

Assim, apesar de estar originalmente restrita a um único ativo digital, Bitcoins (CUTTS, 2019, p. 397), a tecnologia subjacente – *blockchain* – compreende uma coleção de ferramentas que podem ser usadas para uma ampla gama de ativos digitais. De forma correlacionada, Szabo imaginou um ambiente contratual rico, no qual as partes pudessem manipular as condições para a transferência de ativos de uma infinidade de maneiras diferentes.

As ideias e tecnologias associadas e desenvolvidas no formato de *blockchain*, ao permitir transações distribuídas de pessoa a pessoa, são muito mais versáteis do que seu uso como mera moeda virtual (CLOHESSY, ACTON e ROGERS, 2019, p. 48), e a expectativa dos entusiastas e estudiosos do tema é no sentido de que os *smart contracts*

são uma ideia prospectivamente mais relevante e impactante socialmente do que o uso do Bitcoin como moeda virtual (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 331).

Dado este rico cenário potencial com a nova tecnologia, diversas empresas e indivíduos, muitos inspirados nas ideias dos *smart contracts*, lançaram-se na tarefa de desenvolver sistemas mais poderosos baseados em *blockchain*, que possuísem a capacidade de executar lógicas negociais e transacionais por meio linguagens mais sofisticadas, inclusive com a capacidade de afetar servidores e sistemas externos ao *blockchain*, por meio de oráculos.

Cinco anos depois do sucesso do Bitcoin, a plataforma criada por Nakamoto seria utilizada como trampolim por Vitalik Buterin para o desenvolvimento do *blockchain* nomeado Ethereum (BUTERIN, 2013), hoje o mais famoso exemplo do uso dos *smart contracts*.

## 1.2. Relação entre *blockchain* e *smart contracts*

A plataforma Ethereum é baseada nos mesmos princípios fundamentais de *blockchain* associados ao Bitcoin, incluindo um *ledger* descentralizado e um algoritmo de validação e consenso via mineração. No entanto, a moeda virtual usada no sistema, chamada Ether, se destina a ser usada para a compra de energia de computação na rede Ethereum, ao invés de substituir moedas existentes como reais ou dólares. O Ether é, pois, utilizado para medir e servir de parâmetro para os custos de execução e processamento dos *smart contracts* (ANTONOPOULOS e WOOD, 2019, p. 43).

A linguagem de programação usada pelo Ethereum é substancialmente mais poderosa do que a usada pelo Bitcoin. De fato, diversamente do Bitcoin, Ethereum foi desenvolvido para servir como um *blockchain* programável de uso amplo, capaz de executar códigos muito mais complexos (BUTERIN, 2013). Enquanto a linguagem de programação do Bitcoin, de forma intencional, tem como objetivo exclusivamente verificar transações e transferência de valores, a linguagem utilizada pelo Ethereum é Turing-completa: em outras palavras, pode ser programada como um computador de uso geral (ANTONOPOULOS e WOOD, 2019, p. 44).

Ethereum foi criada especialmente com o propósito de servir como uma plataforma para *smart contracts*<sup>51</sup>. Para isso, ela é capaz de transportar dados na forma de argumentos, o que significa que pode ser programada para realizar uma ação específica quando certas condições forem atendidas. Sua linguagem de programação é suficientemente versátil para permitir o estabelecimento de uma gama de estruturas para a propriedade e transferência de ativos (BUTERIN, 2013), cada uma das quais pode ser

---

<sup>51</sup> “Denominado ‘*blockchain* programável’, o objetivo do Ethereum era fornecer uma linguagem mais completa e complexa para criar programas que pudessem interagir com ativos digitais em plataforma *blockchain* distribuída e pública baseada em algoritmo de consenso. A Fundação Ethereum descreve o projeto como “uma plataforma descentralizada que executa *smart contracts*: aplicativos que funcionam exatamente como programados, sem qualquer possibilidade de tempo de inatividade, censura, fraude ou interferência de terceiros. Esses aplicativos são executados em um *blockchain* personalizado, uma infraestrutura global compartilhada extremamente poderosa que pode movimentar valor e representar a propriedade. Ethereum permite que os desenvolvedores criem mercados, armazenem registros de dívidas ou promessas, movimentem fundos de acordo com instruções dadas no passado (como um testamento ou um contrato futuro) e muitas outras coisas que ainda não foram inventadas, tudo sem um intermediário ou risco de contraparte” (ETHEREUM FOUNDATION, 2018). Tradução livre do original: “[...] a decentralized platform that runs smart contracts: applications that run exactly as programmed without any possibility of downtime, censorship, fraud or third party interference. These apps run on a custom built blockchain, an enormously powerful shared global infrastructure that can move value around and represent the ownership of property. Ethereum enables developers to create markets, store registries of debts or promises, move funds in accordance with instructions given long in the past (like a will or a futures contract) and many other things that have not been invented yet, all without a middle man or counterparty risk” (ETHEREUM FOUNDATION, 2018).

programada de tal forma que governe esses ativos por um longo período de tempo, como uma vida inteira. Conseqüentemente, os contratos podem ser configurados para serem autoexecutáveis devido ao fato de que a plataforma pode entregar dinheiro após os critérios exigidos terem sido atendidos pelas partes envolvidas.

Dessa forma, o Ethereum oferece uma plataforma para que as partes registrem e executem ações contratuais altamente complexas e interdependentes no código, tornando o desempenho resistente à adulteração de fontes externas como consequência do algoritmo de consenso e do pagamento que utiliza o próprio sistema.

Buterin define um *smart contract* como "um mecanismo que envolve ativos digitais e duas ou mais partes, onde algumas ou todas as partes colocam ativos, e os ativos são automaticamente redistribuídos entre essas partes de acordo com uma fórmula baseada em certos dados que não são conhecidos no momento em que o contrato é iniciado"<sup>52</sup> (BUTERIN, 2014), o que se alinha com a nossa definição que será apresentada à frente de contratos como solução para o problema de confiança relacionado a negócios jurídicos diferidos no tempo.

É teoricamente possível que a plataforma Ethereum seja capaz de responder a todos os problemas computáveis, se tiver tempo suficiente para fazê-lo. No entanto, na realidade, o desempenho da plataforma depende da velocidade da rede e da quantidade de RAM disponível (NG, 2017, p. 2), e este fato é um dos principais riscos associados aos custos e a escalabilidade do Ethereum e de plataformas *blockchain* em geral.

Como consequência do seu design focado em *smart contracts*, a comunidade envolvida com Ethereum é uma das maiores proponentes e utilizadoras dessas ferramentas na prática (CUTTTS, 2019, p. 413-414), apesar do desenvolvimento de diversas plataformas e sistemas concorrentes, muitos deles fechados, como se analisará à frente.

Tendo sido explicado o funcionamento básico da tecnologia *blockchain*, pode-se agora passar à consideração de como *smart contracts* podem funcionar com fundamento no *blockchain*.

O funcionamento subjacente não é complexo. Ainda há um *ledger* de transações, mantido de forma similar à que *blockchain*, como o Bitcoin, são mantidos. A diferença é

---

<sup>52</sup> Tradução livre do original "[...] a mechanism involving digital assets and two or more parties, where some or all of the parties put assets in, and assets are automatically redistributed among those parties according to a formula based on certain data that is not known at the time the contract is initiated" (BUTERIN, 2014).

que essas transações são mais sofisticadas: elas podem ser usadas para desenvolver e executar programas de computador, em vez de simplesmente mover ativos entre as partes. Todos os aplicativos são executados em um ambiente de máquina virtual. Como o nome sugere, ele funciona da mesma forma que um computador real, mas é integralmente simulado na rede, potencialmente utilizando o poder de computação descentralizado de todos os participantes.

A *blockchain* Ethereum, por exemplo, é responsável pela implementação da Máquina Virtual Ethereum (*Ethereum Virtual Machine*, a “EVM”). Em uma transação simples na plataforma Ethereum, um usuário simplesmente transfere a unidade de moeda nativa da criptomoeda (Ether, no caso) de uma conta para outra, com funcionamento similar ao da plataforma Bitcoin. Outro tipo de transação mais complexa, entretanto, envolve um programa escrito na linguagem nativa da EVM<sup>53</sup> e o executa na própria EVM.

No EVM, os aplicativos podem aprender a transmitir e receber Ether seguindo instruções. Essas instruções podem ser usadas por um programa de computador para se comunicar com outros programas ou pessoas. Os programas também são capazes de manter seu estado entre transações, de modo que um usuário pode carregar um programa no EVM e outras pessoas podem interagir com ele nas transações seguintes. Os *smart contracts* são possibilitados por esses recursos: depois de carregar o EVM com seus termos, outra pessoa pode aceitá-lo enviando uma aceitação em forma de código (GRIMMELMANN, 2019, p. 9).

A EVM, como indicado acima, é um computador emulado. Para que funcione, deve ser operada de acordo com as regras delineadas no protocolo Ethereum, o que significa que cada participante do *blockchain* deve aplicar independentemente essas regras a cada nova transação e certificar-se de que produzam o mesmo resultado. O protocolo de consenso garante que cada usuário veja a mesma transferência e transações de programa, uma vez que todas são executadas simultaneamente (GRIMMELMANN, 2019, p. 8-9).

Em outras palavras, assim como todos os participantes do *blockchain* concordam com o saldo Bitcoin atual de cada usuário inscritos no *ledger* porque estão todos de acordo sobre como cada transação de transferência altera esses saldos, todos os participantes também concordam com o estado atual da EVM porque todos concordam em como cada a transação do programa altera o EVM. Embora as regras sejam substancialmente mais

---

<sup>53</sup> A linguagem se chama "bytecode EVM" e a documentação podem ser consultada em <https://ethereum.org/en/developers/docs/evm/>.

complexas, elas têm a garantia de estar corretas, como decorrência da descentralização e do algoritmo de consenso.

Utilizando a linguagem de programação em uma plataforma de *blockchain* como Ethereum, é possível avaliar se os requisitos para execução de um *smart contract* foram ou não atendidos, e então realizar a transação contratual sem o envolvimento de um ser humano. As partes podem depositar Ether ou outras moedas digitais em um estado suspenso no *blockchain* e, após certas condições serem satisfeitas, os Ether são transferidos para a conta correta, automaticamente pelo sistema. Os Ether podem ser usados para representar o pagamento diretamente, como moeda, ou podem ser usados como tokens, são combinados com direitos digitais em ativos, para representar o pagamento (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 335).

Agora estamos em posição de executar um *smart contract* nos termos e parâmetros originalmente imaginados por Szabo. As partes não precisam ter confiança uma na outra e a transação pode ser concluída totalmente sem a ajuda de qualquer intermediário no momento da compra. Com o Ethereum, a analogia de Szabo da máquina de venda automática está completa. Duas partes podem executar uma transferência de ativos que é positivamente automatizada (não precisa de entrada operacional adicional além do evento desencadeador) e negativamente automatizada (uma vez processada, impede alteração ou cancelamento do procedimento) (CUTTS, 2019, p. 412-413). As partes não precisam depender umas das outras ou de terceiros; eles podem simplesmente confiar na plataforma *blockchain* da Ethereum.

Outra plataforma *blockchain* que merece menção é a Corda (HEARN e BROWN, 2019), criada especificamente para execução de *smart contracts* em indústrias altamente reguladas. A linguagem utiliza soluções e tecnologias avançadas que permitem, de algumas maneiras, intervenção *ex post* e validação externa nos negócios firmados digitalmente, um ponto muito importante para permitir que os *smart contracts* sejam viáveis em todos os tipos de cenários. Analisaremos as vantagens destes avanços no que toca à viabilidade e ao oferecimento de soluções seguras juridicamente nos capítulos subsequentes.

A menção à Corda é relevante para trazer o ponto de que as plataformas *blockchain* não precisam ser, necessariamente, integralmente distribuídas ou com protocolos de consenso baseados na maioria dos usuários. Mais ainda, *ledgers* públicos com fundamento em algoritmos de consenso cegos não são a única opção para a execução de *smart contracts*. Em verdade, o *blockchain* não precisa necessariamente ser um



desintermediador para ser capaz de gerar valor e soluções eficientes para a realização de negócios jurídicos.

As plataformas *blockchain* baseadas em *ledgers* podem ser muito diferentes, de maneira que podemos classificá-las em dois aspectos mais significativos: quanto à propriedade e uso da infraestrutura de dados (acesso e leitura dos *ledgers*), os *blockchains* podem ser públicos (qualquer pessoa pode participar e ler os dados) ou privados (apenas participantes autorizados podem participar e ler os dados). Quanto à permissão para alterar a infraestrutura de dados (modificação e validação dos dados dos *ledgers*), os *blockchains* podem ser de acesso aberto (*'permissionless'*: qualquer participante pode sugerir modificações e validar modificações dos *ledgers*) ou de acesso fechado (*'permissioned'*: apenas participantes autorizados podem sugerir modificações e validar modificações dos *ledgers*).

Em ambas as classificações acima, há variação no tocante ao nível de centralização do acesso à informação e validação das modificações relacionadas às informações dos bancos de dados – *blockchains* públicos e de acesso aberto, como o Bitcoin, têm um baixíssimo nível de centralização, enquanto *blockchains* privados e de acesso fechado têm um nível de centralização mais alto, que variará a depender das regras criadas para acesso e validação pelos usuários.

Os *ledgers* podem ainda ser centralizados, descentralizados e distribuídos, classificação relacionada ao número de cópias disponíveis na rede, como já indicado, mas os *ledgers* centralizados são tradicionais e não permitem sua publicidade ou o acesso aberto.

Preparamos uma tabela para ilustrar estes pontos:

Tabela 3: Classificação dos *blockchains*

| Classificação dos <i>blockchains</i>   |   |  |
|--|---|--|
| Número de cópias do <i>ledger</i>  | Propriedade de uso do <i>ledger</i>   | Permissão para alterar e validar o <i>ledger</i>   |
| <p><b>Centralizado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apenas uma cópia do <i>ledger</i>;</li> <li>- Bancos de dados tradicionais, como bancos.</li> </ul>                        | <p><b>Privado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apenas pessoas autorizadas podem participar e ler os dados;</li> <li>- Útil para informações sensíveis ou grupos fechados.</li> </ul>    | <p><b>Acesso fechado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apenas pessoas autorizadas podem alterar e validar os dados;</li> <li>- Permite regulação e alteração dos dados de forma central.</li> </ul> |
| <p><b>Descentralizado ou distribuído</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Múltiplas cópias do <i>ledger</i>;</li> <li>- Possibilidade de uso de algoritmos de consenso.</li> </ul> | <p><b>Público</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualquer pessoa pode participar e ler os dados;</li> <li>- Publicidade dos dados aumenta a transparência e oferece segurança.</li> </ul> | <p><b>Acesso aberto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualquer pessoa pode alterar e validar os dados;</li> <li>- Algoritmo de consenso aumenta a integridade dos dados.</li> </ul>                 |

Tabela elaborada pelo autor.

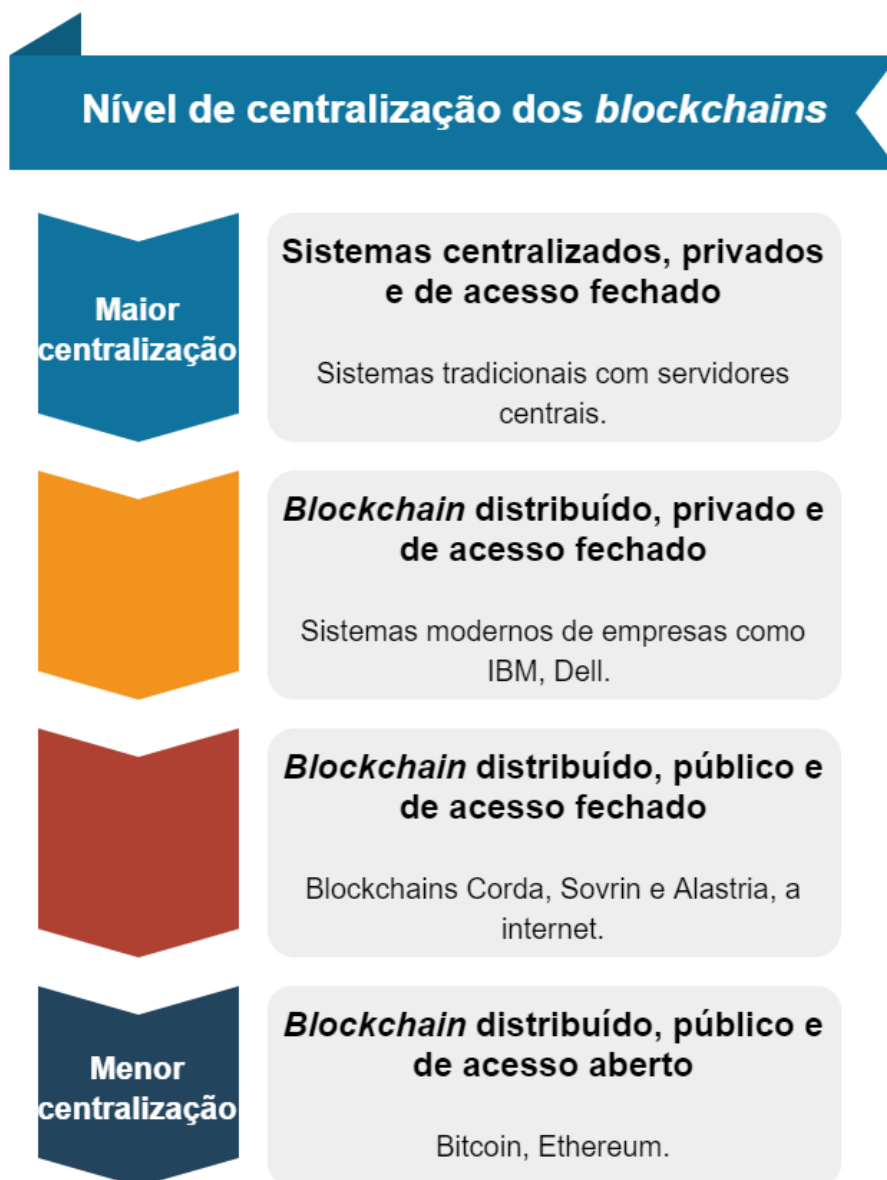
Ribeiro (2020, p. 106) propõe que *smart contracts* devem ser categorizados como descentralizados quando operem em *blockchain* ou sistemas descentralizados – pensamos que o ponto mais relevante diz respeito à sua operação em *blockchains* públicos e de acesso aberto, pois estes são os pontos que gerariam: (i) impossibilidade de intervenção de uma autoridade centralizadora; e, (ii) maiores riscos e disrupções em comparação com os contratos tradicionais.

Sob a perspectiva de uma análise prática, pode-se considerar que *blockchains* menos centralizados possuem uma menor abertura à regulação, ou talvez uma total impossibilidade de regulação adequada, e não seriam úteis ou econômicos em ambientes ou indústrias altamente regulados, como aviação, mas poderiam ser menos custosos e mais seguros para tipos de negócios ou microssistemas em que não há hipossuficiências significativas e a regulação é reduzida, como na negociação entre empresas. De outro lado, *blockchains* mais centralizados, ou com tecnologias ou ferramentas que reduzem a inexorabilidade da execução, como Corda, podem ser mais úteis para aplicação em contextos corporativos fechados, de alta regulação ou em que a hipossuficiência é

presumida ou esperada, quando a intervenção *ex post* é necessária ou importante para a utilidade e adequação constitucional daquele tipo de contrato.

Para facilitar a visualização, elaboramos uma tabela que demonstra o avanço da centralização de sistemas, partindo dos mais centralizados aos menos centralizados:

**Tabela 4: Nível de centralização dos *blockchains***



*Tabela elaborada pelo autor.*

Empresas e pessoas podem colher os benefícios da redução da complexidade e do custo das transações, bem como avanços em transparência e controles de fraude, a partir do uso de uma arquitetura de *blockchain* apropriada. Os *blockchains* de acesso fechado são o modelo de negócios com maior probabilidade de sucesso e adoção no futuro

imediate, eis que são estruturados em redes privadas de computadores, com permissões de acesso e modificação estritamente regulamentadas, portanto, um modelo mais próximo dos modelos centralizados tradicionais. Os *blockchains* públicos de acesso aberto, como o Bitcoin, não têm autoridade central e são vistos como facilitadores da desintermediação disruptiva mais completa, um nível de mudança que deve ocorrer (SKLAROFF, 2017), embora com adoção mais lenta e inúmeras preocupações regulatórias (WERBACH, 2018).

Para finalizar a apresentação da plataforma *blockchain*, vale ainda acrescentar alguns pontos relevantes associados às suas vantagens e desvantagens que por vezes não são reconhecidos na literatura acerca do tema.

Em primeiro lugar, não é possível afirmar que o *blockchain* é objetivamente melhor que bancos de dados tradicionais. Como analisado, *blockchains* possuem várias vantagens, mas trazem consigo *trade-offs* significativos, como o fato de que a estrutura de dados é exclusivamente aditiva, não sendo condutiva à remoção de dados.

Apesar de utilizar tecnologia criptografada protegida, nenhuma tecnologia é 100% segura, e os *blockchains* dependem significativamente das aplicações a si adjacentes, que podem sofrer falhas ou serem atacadas. O *blockchain* também não está imune a ataques se mais do que metade da capacidade de processamento for comprometida, o que permitiria uma exclusão ou alteração de dados de forma ilegítima.

Ademais os *blockchains* podem verificar condições dentro do sistema de forma inata, mas precisam de oráculos para acessar dados externos e estes dados estão sujeitos a erros de incompatibilidade de realidade, eis que o *blockchain* não consegue verificar a validade ou legitimidade de dados externos à plataforma.

A fim de melhor compreender os *smart contracts* na prática, passa-se a uma descrição dos seus principais usos até o momento, com a ressalva de que se trata de uma tecnologia no início da exploração de suas capacidades.

### 1.3. Aplicabilidade prática dos *smart contracts*

Teoricamente, a partir de 2013, com o Ethereum, a revolução antevista por Szabo poderia ser colocada em prática (CUTTS, 2019, p. 399) – e a euforia decorrente do *blockchain* e dos *smart contracts* foi arrebatadora: previu-se uma revolução em um sem-número de indústrias na próxima década, incluindo saúde, alimentação, finanças, políticas públicas e turismo (CLOHESSY, ACTON e ROGERS, 2019, p. 48). Os *smart contracts* seriam “a aplicação *blockchain* mais transformativa até hoje” e responsáveis por um novo padrão de negócios “sem intermediação, segura, eficiente e sem um ponto central de potencial falha”<sup>54</sup> (UNSWORTH, 2019, p. 20).

Os *smart contracts* foram inicialmente teorizados e propostos há mais de duas décadas, mas só mais recentemente, desde 2019, houve um aumento no interesse e na sua implementação. Os benefícios estariam em maior eficiência, transparência e devolução do controle dos dados ao consumidor individual (CUTTS, 2019, p. 398), muito embora as previsões sejam de mais fácil identificação em teoria do que na prática.

Um exemplo básico inicial poderia ser uma doação em contemplação de casamento futuro, previsto no art. 546 do Código Civil. Trata-se de uma espécie de doação sujeita a uma condição suspensiva, qual seja, o matrimônio: o contrato de doação somente terá efeito quando um acontecimento futuro e incerto – no caso, o casamento – ocorrer. Um *smart contract* poderia ser criado em um *blockchain*, com o depósito antecipado dos valores em uma carteira eletrônica e a indicação da condição de execução: a confirmação da realização do casamento. Um oráculo poderia ser programado para acompanhar o cumprimento da condição, seja por meio das publicações de casamentos em diários oficiais ou mesmo com acesso ao sistema integrado dos cartórios de registro civil. Quando o *smart contract*, por meio do oráculo, identifica a realização do casamento, a doação é transferida ou liberada para a carteira eletrônica do donatário. A não ser que tenha havido programação da possibilidade de desistência antes do registro no *blockchain*, a doação tem a garantia praticamente inafastável de ocorrer, dado o preenchimento da condição contingente.

Exemplos similares podem ser pensados em relação a testamentos e divisão da herança de forma automática. Se um testamento for programado usando *smart contracts*,

---

<sup>54</sup> “It is also this combination which makes “*Smart contracts*” the most transformative Blockchain application at time of writing, since they allow a new standard of trading—disintermediated, safe, efficient, and without a central point of potential failure.” (UNSWORTH, 2019, p. 20).

ele descreveria como os ativos seriam distribuídos de acordo com um conjunto de regras. O *smart contract* poderia ser acionado manualmente pelo advogado responsável pelo espólio, apresentando uma chave privada fornecida pelo *de cuius*, ou automaticamente pela verificação de um oráculo. Parte do saldo positivo do espólio poderia, por exemplo, ser transferido para uma carteira eletrônica de propriedade do cônjuge do falecido, nos termos de um conjunto hipotético de diretrizes legais ou testamentárias. No caso de o cônjuge do falecido também estar morto, o *smart contract* poderia automaticamente atribuir este saldo adicional aos filhos falecido. Caso o *blockchain* tenha acesso ao registro e movimentação financeira, este cenário pode ser implementado não só usando criptomoedas, mas também moedas fiduciárias, ativos financeiros e até registros de imóveis, como se verá abaixo.

Outros usos comumente citados são relacionados a sistemas de pagamentos automáticos no mercado financeiro, indústria de apostas (pagamento sendo liberado com a verificação da condição da aposta, sem depender da vontade de um intermediador das apostas) e sistemas de investimento em *startups* e projetos, como Kickstarter, Indiegogo, GoFundMe e Patreon, promovendo mais segurança para os investidores e os investidos (SWAN, 2015, p. 17-18).

Alguns proponentes do blockchain vão ainda mais longe (BUTERIN, 2014). Os *smart contracts* poderiam servir de base para um novo tipo de instituição econômica, a organização autônoma distribuída (“*decentralized autonomous organization, DAO*”). À luz do fato de que as corporações nada mais são do que um nexo de contratos, poder-se-ia codificá-los em *smart contracts* com cumprimento automático, de maneira que a corporação funcionaria com execução integralmente automática<sup>55</sup>.

Observa-se que a tecnologia ainda está em seu estágio inicial e os exemplos de casos práticos com alcance significativo são todos recentes (LUESLEY, 2019, p. 156). Os estudos mais completos sobre o assunto apontam que os *smart contracts* se tornarão conhecidos comumente em 2026 e utilizados amplamente pelos consumidores e pelo mercado, bem como regulados pelos governos, até o ano de 2036 (SCHNEIDER, BLOSTEIN, *et al.*, 2016).

Na prática, como você pode verificar da sua janela ou no seu computador, a revolução dos *smart contracts* ainda não chegou – ela deve ser vista não como um tsunami, mas como o inevitável aumento do nível do mar em decorrência do derretimento das

---

<sup>55</sup> A história do lançamento do DAO, sua listagem e os problemas de segurança que levaram ao seu posterior término será contada no contexto da análise dos riscos disruptivos associados aos *smart contracts*.

calotas polares. E esse impacto, apesar de ainda não revolucionário, já pode ser visto praticamente em diversos casos, alguns de muito sucesso, de aplicação dos *smart contracts* para além da indústria da tecnologia.

Não por acaso, os melhores exemplos encontram-se na indústria de finanças. O mercado financeiro contemporâneo é extremamente automatizado e, hoje, dependente de tecnologia de ponta para seu funcionamento. Embora ainda com fundamento em bancos centrais, contratos computáveis já são prática comum no mercado de ativos financeiros internacional, especialmente no que toca ao mercado de futuros e derivativos, mas também a negociação de títulos que liquidam e transferem sua propriedade automaticamente, testamentos, transações de hipotecas, seguros, serviços financeiros e sistemas de financiamento coletivo (LUESLEY, 2019, p. 157).

O banco inglês Barclays vem realizando testes teóricos e práticos com transações de derivativos por meio de *smart contracts* desde o ano de 2016 utilizando o *blockchain* Corda (RIZZO, 2016) e tem investido significativamente tanto internamente, com uma equipe completa focada em *smart contracts*, como externamente, com a preocupação em associar sua imagem aos *smart contracts* e tecnologia *blockchain*.

Na visão do Barclays, a Associação Internacional de Derivativos e *Swaps* (*International Swaps and Derivatives Association, ISDA*), serviria de repositório central para elaboração de padrões de *smart contracts* a serem usados por todo o mercado. A expectativa do Barclays é de que *smart contracts* sejam utilizados como um benefício aos consumidores, pela aceleração e redução de custos de produtos financeiros que envolvem vários *players* da indústria financeira (BARCLAYS, 2020).

Como a tecnologia utilizada pelo Barclays foi publicada com licença *open source*, ou seja, o código é integralmente público para qualquer interessado, outros grandes bancos como JP Morgan, Citibank e Credit Suisse também vem realizando testes práticos com protótipos de *smart contracts* para produtos financeiros complexos, envolvendo serviços pós-*trade* como aprovação corporativa conjunta e pagamento de margens (MACHEEL, 2016).

O banco Santander, por sua vez, depois de explorar Corda, desenvolveu um sistema de pagamentos entre países baseado em *blockchain*, chamado One Pay FX, que já funciona no Brasil para remessas ao Reino Unido (MEGAW, 2018), e, em parceria com a empresa de tecnologia Nivaura, emitiu um *bond* de vinte milhões de dólares com cupom trimestral de 1,98%, utilizando exclusivamente o *blockchain* Ethereum, até sua maturação (SANTANDER, 2019).

O banco francês BNP Paribas S.A., em parceria com a empresa Digital Asset, iniciou o desenvolvimento de aplicativos baseados em *ledgers* distribuídos para a execução de *smart contracts* para operações envolvendo ativos financeiros utilizando o *blockchain* Daml.

Os aplicativos, previstos para conclusão em 2021, tem como objetivo fornecer aos participantes do mercado asiático acesso em tempo real às plataformas de negociação e liquidação baseadas em *ledgers* distribuídos das bolsas de valores da Austrália (*Australian Securities Exchange, ASX*) e Hong Kong (*Hong Kong Exchange, HKEX*). A primeira solução é um serviço de decisões para ações corporativas em que todas as partes na cadeia de ação recebem informações de cada ação corporativa, como reinvestimento de dividendos ou decisões de oferta de compra, ao mesmo tempo, “reduzindo o tempo de processamento, melhorando a eficiência operacional e permitindo que os investidores finalizem suas decisões sobre informações mais atuais sobre fatores de mercado” (BNP PARIBAS SECURITIES SERVICES, 2020).

O citado *blockchain* DAML propõe “abstrair” os conceitos-chave de *blockchains* que lhes permitem fornecer garantias de integridade e consistência de dados em sistemas de registro distribuídos, por meio da utilização de um *ledger distribuído* virtual, governado por *smart contracts*. Em teoria, esta camada de abstração – o *ledger* virtual, e não concreto – permitiria ao Daml vantagens diferenciadas em relação a tecnologias de *blockchain* individuais e de *ledger* distribuído: separação dos aplicativos em si do consenso e da infraestrutura de dados subjacentes, tornando os aplicativos Daml portáteis e mais privados (DAML, 2021). Esta ideia fundamental é similar à maneira como as linguagens de programação abstraíram arquiteturas de microprocessador em favor de abstrações lógicas e de memória nos anos 60 e 70.

A Nasdaq já utiliza *smart contracts* de forma ampla (SUN, 2021); o Banco Central do Brasil está avançado nas discussões e negociações para a CDBC brasileira (“*Central Bank Digital Currency*”) (JOSA, 2021); e a B3, empresa responsável pela Bolsa de Valores brasileira, com o apoio do Banco Central do Brasil, anunciou que pretende atuar como um oráculo para soluções de *smart contracts* que serão habilitadas diretamente no seu sistema (COINTELEGRAPH BRASIL, 2021).

Ainda no contexto do mercado financeiro, um dos usos originais e mais simples imaginados para os *smart contracts* é sua aplicação em contratos de *escrow* – uma espécie de contrato em que uma das partes deposita o valor do negócio em garantia e este valor é liberado apenas após a conclusão bem-sucedida dos termos empresariais. Diversas



empresas e bancos desenvolveram produtos similares – por exemplo, a empresa CryptoCorp desenvolveu uma ferramenta para permitir o uso de “cheques administrativos” com base em criptomoedas, utilizando assinaturas distribuídas em um sistema similar ao que empresas de cartão de crédito utilizam para negar transações quando o limite foi superado (CRYPTO CORP, 2021), enquanto a empresa BitHalo desenvolveu um sistema de *escrow* para comércio eletrônico inteiramente baseado em *blockchain*, em que a garantia não depende de qualquer intermediário (BITHALO, 2021).

Também na área de medicina há desenvolvimentos práticos de *smart contracts*.

DeepMind é a subsidiária da *holding* de tecnologia Alphabet Inc. (proprietária do Google) voltada a inteligência artificial, e planeja construir um sistema em plataforma *blockchain* que rastreará como os dados médicos de pacientes são usados, em detalhe. Trata-se de uma ferramenta chamada *Verifiable Data Audit*.

O sistema usará matemática criptográfica similar ao sistema do *blockchain* para manter um registro preciso e íntegro dos dados dos pacientes e seu uso, podendo configurar alertas automatizados para sinalizar o uso incomum. Cada vez que um dado é usado, um novo código é gerado, baseado em todas as atividades anteriores, impedindo, pois, a sua modificação. Este sistema, entretanto, terá acesso restrito a hospitais e órgãos governamentais para verificação da integridade do *ledger*. A ferramenta será testada inicialmente com hospitais com os quais a DeepMind já está trabalhando no Reino Unido, incluindo o *Royal Free Hospital* de Londres (SULEYMAN e LAURIE, 2017).

Na indústria da logística, especialmente envolvendo cadeias de produção complexas, diversas *startups* estão trabalhando no sentido de desenvolver *smart contracts* que permitam, com o uso de *blockchains*, a manutenção de um registro preciso de autorizações e atividades relacionadas ao fluxo de produtos e serviço entre empresas e países (CASEY, 2017).

Maersk, a maior empresa de logística marítima e remessa de cargas do mundo, desenvolveu de já iniciou os testes com o uso de um sistema de rastreamento de suas cargas utilizando *smart contracts* (MORRIS, 2017), assim como o governo da Índia (VERMA, 2021).

Dados os custos de mercados com alto nível de regulação, é comum que estes busquem soluções no *blockchain* – por exemplo, a indústria de *cannabis* vêm investindo em diversas soluções de compra, venda e rastreamento seguro dos produtos utilizando *smart contracts*, com o objetivo de cumprir os objetivos regulatórios com menor custo (WILLIAMS, 2018).

Usando a descrição convencional de um *blockchain* como um banco de dados distribuído imutável, é relativamente fácil imaginar várias aplicações possíveis da tecnologia para propriedade intelectual e para as indústrias criativas como um todo. Os *smart contracts* foram propostos para aplicação na administração de obras de direitos autorais, incluindo registro, execução e licenciamento, bem como modelos de negócios que permitem micro pagamentos e monitoramento do uso de propriedade intelectual (GUADAMUZ, 2018).

Especificamente na indústria musical, problemas associados à gestão de licenças e pirataria já estão sendo solucionados sem o pagamento de intermediários como Spotify ou Apple Music (DICKSON, 2017).

O registro de propriedades imóveis é outro problema que está sendo explorado para solução por meio de *smart contracts* e, ao que tudo indica, não é um caso de “solução para um problema que não existe” – os contemporâneos sistemas de registro de propriedades imóveis são caros, lentos, ineficientes e sujeitos à fraude, o que nos parece ser fato de conhecimento público para o Brasil.

Diversos países estão experimentando incorporar seus registros imobiliários ao *blockchain*, mas alguns governos já passaram da fase de experimentação e estão efetivamente registrando imóveis por meio de *smart contracts*, especialmente a Suécia (KIM, 2018), o Reino Unido (HM LAND REGISTRY, 2018), a Ucrânia (VERBYANY, 2017) e a Geórgia (NIMFUEHR, 2017), sendo que neste último trezentos mil imóveis já foram incorporados ao *blockchain*.

Soluções relacionadas ao registro de empresas, normalmente associadas à automatização da aprovação de registros em Juntas Comerciais por meio do uso de modelos editáveis programados no *blockchain*, também parecem ser interessantes.

Apesar da maior segurança, é esperado que muitos governos tenham reticência na transição, exatamente porque estariam renunciando à centralização da propriedade da informação, certamente impactando de forma negativa inúmeros interessados que hoje ganham fortunas com a intermediação – no caso do Brasil, os Cartórios de Registro de Notas e de Imóveis.

Em regra, a forma de implementação mais simples de *smart contracts* dá-se quando os ativos devem poder ser convertidos em formato digital. O tipo de ativo e a sua capacidade de integração efetiva ao *blockchain* afetam se é viável melhorar a manutenção de registros ou transações usando *smart contracts* e o *blockchain* exclusivamente ou se

as soluções de parte a parte requerem a integração de outras tecnologias para relacionamento externo com o mundo real.

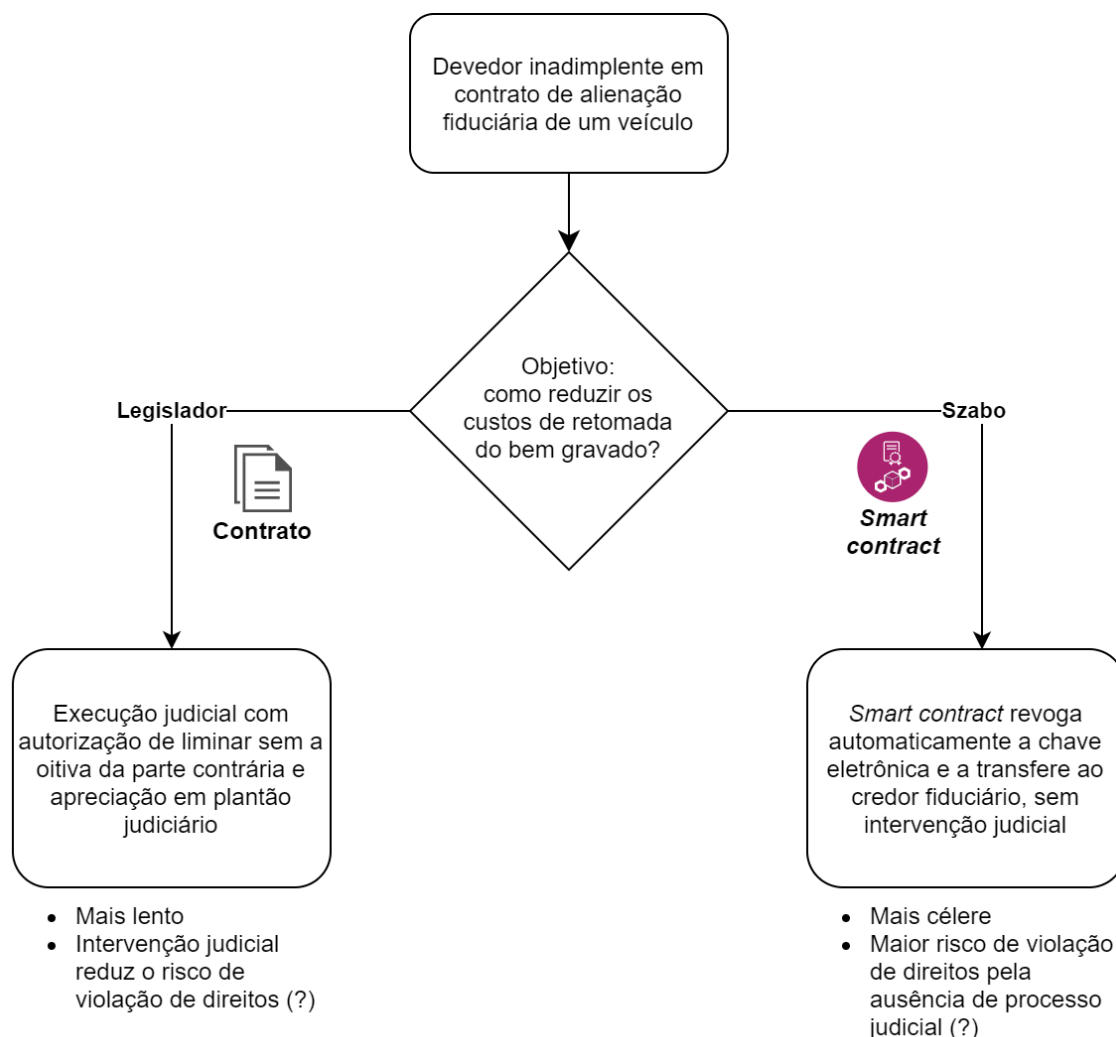
O aspecto essencial neste caso é o potencial de digitalização do ativo; ativos como ações, que são armazenados e negociados digitalmente, podem ser facilmente negociados entre partes em um sistema *blockchain* ou conectados aos sistemas atuais usando interfaces de programação de aplicativos.

Um *smart contract*, de acordo com Szabo, vai além da máquina automática de vendas, pois ele propõe a incorporação de *smart contracts* em todos os tipos de propriedades que possam ser gerenciadas por meios digitais. Szabo ilustrou esse conceito por meio do uso de um financiamento similar a uma alienação fiduciária, no qual um comprador obtém um veículo em troca de um compromisso de pagar o preço em prestações, e um *smart contract* revoga a chave eletrônica do carro automaticamente, a transferindo para o titular do crédito, se o cliente não consegue pagar o preço. Segundo Szabo, esse arranjo seria muito mais barato eficaz do que o equivalente à busca e apreensão judicial e permitiria melhor monitoramento, verificação e segurança transacional.

A sua ideia parece estar em linha com as intenções dos legisladores brasileiros. Mencione-se, neste sentido, o art. 3º do Decreto-Lei nº 911/69, com a redação dada pela Lei nº 13.043/14, segundo o qual o proprietário ou credor fiduciário pode, desde que comprovada a mora ou o inadimplemento, requerer contra o devedor a busca e apreensão do bem alienado fiduciariamente, e, o ponto mais importante para este argumento, tal requerimento “será concedido liminarmente, podendo ser apreciada em plantão judiciário”.

Vê-se aqui a similaridade de objetivos funcionais do legislador brasileiro e de Szabo, inclusive analisando-se a exposição de motivos da norma: reduzir os custos de retomada do bem pelo credor fiduciário, tornando a execução contratual menos onerosa e, eventualmente, afetando o preço do crédito ao consumidor final. Ambos têm o mesmo objetivo, mas usam ferramentas diversas, sendo que o processo judicial é indubitavelmente mais lento, e ainda não temos informações suficientes para confirmar se seria mais seguro em relação à potenciação violação de direitos:

**Imagem 4: Comparação entre soluções dadas pelos *smart contracts* e pela legislação para um problema contratual similar**



*Fluxograma elaborado pelo autor.*

Para vincular e afetar objetos reais utilizando um *blockchain*, mas sem integrá-los ao *blockchain*, tecnologias associadas ao conceito de “internet das coisas” (*Internet of Things, IoT*) e biometria são necessárias. Um ponto fraco na segurança de um *ledger* do *blockchain* pode surgir como resultado dessa associação com o mundo real, isso porque, muito embora o registro do *blockchain* possa ser praticamente imutável, o objeto real, ou o oráculo, ou o sensor associado ao mundo real, ainda pode ser adulterado. A certificação de *commodities* como grãos ou leite, por exemplo, exigiria o uso de uma tecnologia de etiquetagem, como a identificação por radiofrequência (RFID), o que aumenta o nível de segurança, mas traz novos riscos não relacionados diretamente ao uso dos *smart contracts*.

Em 2021, o número de aparelhos conectados a sistemas capazes, teoricamente, de executar comandos por meio de *smart contracts*, de aparelhos celulares a geladeiras e veículos, chegou a 12,3 bilhões (SINHA, 2021).

A título de exemplo, levando em consideração a interface entre *smart contracts* e o mundo real, a *startup* alemã Slock.it desenvolveu a partir de 2015 um tipo de fechadura que poderia ser alocada a espaços físicos, como hotéis e apartamentos, e outros tipos de ativos físicos, como carros ou tratores, para permitir o aluguel eficiente por meio de *smart contracts*: a fechadura destravaria de acordo com o cumprimento dos termos do *smart contract*. A empresa foi adquirida em 2020 pela companhia Blockchains, LLC e hoje opera sob o nome BC Development Labs GmbH, e está desenvolvendo uma cidade inteira baseada em *smart contracts* no norte do estado de Nevada, nos Estados Unidos da América (JENTZSCH, 2020).

No mundo da indústria de entretenimento adulto, a empresa SpankChain pretende servir como uma plataforma segura para que atores e atrizes do mercado pornográfico possam executar os seus serviços e receber pelos mesmos sem depender de intermediários (SPANKCHAIN, 2021). Um dos problemas solucionados pelo *blockchain*, neste caso, é o fato de que, em diversos países, estas pessoas não poderiam<sup>56</sup> utilizar o dinheiro originário de pornografia em bancos tradicionais ou dependeriam de altas taxas (STONE, 2017).

Ainda no mesmo tema, mas com objetivo filantrópico – aumentar o conhecimento e investir no tratamento do câncer de mama –, CryptoTitties já doou mais de um milhão de dólares para a causa por meio da venda de imagens eletrônicas únicas e rastreáveis (na forma de NFTs, *non-fungible tokens*) associadas a atores e atrizes do mercado pornográfico (CRYPTOTITTIES, 2021).

Os NFTs, por sua vez, com base em *blockchain* e *smart contracts*, podem ser utilizados para a compra e venda de ativos eletrônicos não-fungíveis da mesma forma que obras de arte são vendidas fisicamente; analistas esperam que o mercado de obras de arte mude completamente como decorrência da nova tecnologia (PENNY, 2018). Atualmente, já existem exemplos que flutuam entre a venda de imagens de gatos eletrônicos colecionáveis (CRYPTOKITTIES, 2021) e o leilão, pelo *British Museum*, de obras criadas por Hokusai entre 1820 e 1840 (KHOMAMI, 2021).

---

<sup>56</sup> Uma questão similar que pode ser identificada, a partir dessa afirmação, é: então o *blockchain* permitiria, no Brasil, a realização de transações não reguladas utilizando objetos ilícitos? A resposta é potencialmente positiva, e este é um dos problemas que serão analisados nos capítulos normativos da tese.

Instituições como a *American Bar Association* (NG, 2017) e, no Brasil, a Ordem dos Advogados do Brasil <sup>57</sup>, além do próprio governo do Reino Unido (UK GOVERNMENT CHIEF SCIENTIFIC ADVISER, 2016), reconheceram expressamente que muitas indústrias, incluindo serviços financeiros, governo, imobiliário, manufatura e saúde serão afetadas de forma disruptiva por esta inovação tecnológica.

Dados alguns dos exemplos práticos no cenário nascente do uso de *smart contracts*, voltamo-nos nossa atenção aos contratos tradicionais, tanto sob a perspectiva de seu funcionamento econômico-comportamental como de tratamento legal e exequibilidade jurídica, a fim de posteriormente compará-los e identificar como os *smart contracts* podem causar disrupção do direito contratual.

---

<sup>57</sup> Especialmente por meio do *II OAB Digital Summit* (OAB-RS, 2020).

#### 1.4. A natureza jurídica dos *smart contracts*

O estudo até o momento não se ocupou de analisar um ponto de natureza positiva relevante e que permanece sem resposta ou padronização: afinal, um *smart contract* é um contrato? Ou, talvez, um *smart contract* seria um código, um protocolo computacional para execução dos termos de um contrato?

De pronto, esclareça-se que a relevância dessa análise está no fato de que a delimitação terminológica serve para justificar ou verificar a sua subordinação a normas jurídicas específicas e, portanto, a sua capacidade de disrupção de normas jurídicas específicas. Neste contexto, o objetivo do presente capítulo não é necessariamente de estruturação conceitual da ciência jurídica, até porque se defenderá a inexistência de conceitos imutáveis no Direito, mas sim voltado à sua função prática que permita desconstrução *de lege lata* e reconstrução *de lege ferenda* em linha com as funções e disrupções encontradas.

Sobre o tema, uma discussão reiterada diz respeito a um *smart contract* ser, ele próprio, um contrato, ou um mero receptáculo, uma tecnologia para a execução de contratos (VERSTRAETE, 2019).

Os estudiosos do campo de ciência da computação, redes e tecnologia tendem a não se preocupar com a carga linguística da palavra ‘contrato’, definindo o *smart contract* como um programa de computador executado no registo de um *blockchain* (XU, WEBER e STAPLES, 2019, p. 7), ou como uma maneira de expressar, em código, instruções para a execução de transações acordadas (CASEY e VIGNA, 2018, p. 71). Em especial no âmbito dos estudos direcionados ao *blockchain* Ethereum, um *smart contract* é mero programa de computador que opera de forma determinística, não tendo qualquer relação com o ‘contrato’ conhecido pela teoria jurídica e econômica (ANTONOPOULOS e WOOD, 2019, p. 255)

No campo do direito, os pesquisadores inclinam-se a prestigiar o conceito original de *smart contracts* (SZABO, 1994), em contraposição ao atribuído posteriormente por Buterin (2013), encontrando, assim, relações relevantes, ainda que divergentes, com os conceitos tradicionais jurídicos. Vale observar que mesmo Szabo já escreveu, em diferentes ocasiões, que *smart contracts* “são um protocolo” (SZABO, 1994) e “utilizam protocolos” (SZABO, 1997), demonstrando que, mesmo na fonte, a ideia sofreu mutações.

Na teoria jurídica, as posições variam entre reconhecer os *smart contracts* como um complemento ao direito dos contratos, da sua formação à sua execução (GREEN,

2018, p. 235), a um mecanismo de consenso para segurança de transações e propriedade (WERBACH, 2018, p. 507), em uma relação ortogonal com o direito dos contratos, a ser usado em substituição aos contratos em algumas situações.

Em nível conceitual, afirma-se com frequência que um *smart contract* é, de fato, um contrato (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 363), embora haja divergências. Em um dos artigos mais relevantes sobre *smart contracts* no contexto do direito, Tatiana Cutts propõe que o *smart contract* é um código, e não um contrato (2019, p. 395), mas soluciona o problema da intervenção nos contratos ao automatizar de forma negativa o cumprimento das promessas realizadas (2019, p. 444) e efetivamente gera mais confiança recíproca e segurança nas negociações entre partes (2019, p. 405).

No cenário dos estudos nacionais, os pesquisadores tendem a definir *smart contract* como um protocolo computacional (KÄERCHER, 2019, p. 53) ou uma aplicação computadorizada (MARIANI, 2019, p. 19), repetindo o que foi escrito por Szabo (1997), mas sem preocupação com a sua caracterização ou comparação funcional ao instituto do contrato no direito ou no direito brasileiro.

Poucos estudos nacionais se aprofundam na definição ou sistematização do tema: *smart contracts* já foram denominados “scripts que uma vez implantados no *blockchain* se tornam lei” (JUNQUEIRA, 2020, p. 41), “uma estrutura presente em algumas plataformas *blockchain* que permite especificar código verificável em função de dados de entrada e do estado da rede *blockchain*” (DE SOUZA, 2019, p. 45), chegando-se a nomear o *blockchain* Ethereum em si como um exemplo de *smart contract* (FALEIROS JÚNIOR e ROTH, 2019, p. 49), na forma proposta por Buterin (2013).

Acreditamos que um *smart contract*, dada a definição de Szabo (1994), não é uma mera forma de execução de um negócio jurídico, porque sua característica essencial – a automação da execução – altera o funcionamento do negócio jurídico de forma extrema. Não se trata de mera alteração de forma, mas nova e inédita função. Aliás, esta alteração de funcionamento, como se verá no capítulo específico, causa uma série de quebras na expectativa do funcionamento de negócios jurídicos e contratos.

Acreditamos, também, que o *smart contract* funciona para solucionar exatamente os mesmos problemas atacados pelos contratos, e possui várias características práticas semelhantes aos contratos. Adicionalmente, o *smart contract* executa essas funções sem necessitar da forma tradicionalmente associada a um contrato escrito, ou mesmo da linguagem tradicionalmente utilizada em contratos escritos, embora diversos elementos



identificados nos contratos tradicionais, como a manifestação da vontade, a bilateralidade, o encontro de mentes e a causa, também são encontrados nos *smart contracts*.

Em conjunto, as colocações acima tendem a indicar que um *smart contract* é, sim, um contrato, ou ao menos uma espécie de contrato; entretanto, a fim de enfrentar o assunto de forma mais fundamentada, requer-se uma pequena digressão sobre a conceituação de termos jurídicos, com o reconhecimento de que se trata de atividade substancialmente normativa.

O conceito jurídico de ‘contrato’ é uma construção da ciência jurídica que subsume, em si, uma miríade de princípios e regras de direito, bem como uma série de expectativas comportamentais, sendo que seu conteúdo integral varia no tempo e na estrutura jurídica subjacente. Como ocorre com outros conceitos advindos do Direito, um ‘contrato’ exprime uma realidade fática que não se encontra lógica ou autonomamente completa apenas a partir das leis e dos livros de direito (ROPPO, 1988, p. 7-8), mas cuja essência jurídica é apenas uma das esferas de conteúdo semântico aí encontradas.

Em 1776, escrevendo sobre teoria política, Bentham encontrou a dificuldade da definição de palavras abstratas relacionadas a organizações e poderes, sem qualquer equivalente no mundo real, e, portanto, sujeitas à transformação do seu significado a depender do contexto ou do período. Como solução para este problema Bentham ponderou que tais palavras deveriam ser “*expounded by paraphrasis*”<sup>58</sup> (BENTHAM,

---

<sup>58</sup> “Para expor as palavras dever, direito, poder, título e aqueles outros termos do mesmo tipo que abundam em ética e jurisprudência, ou estou muito enganado, ou o único método pelo qual qualquer instrução pode ser transmitida é aquele que é aqui exemplificado. Uma exposição emoldurada a partir desse método, eu denominaria paráfrase. 6. Pode-se dizer que uma palavra é exposta por paráfrase, quando não apenas essa palavra é traduzida em outras palavras, mas alguma frase inteira da qual ela faz parte é traduzida em outra frase; as palavras das quais as últimas expressam tais ideias são simples, ou são mais imediatamente resolvidas em palavras simples do que aquelas das primeiras. Tais são aqueles que expressam substâncias e modos simples, em relação a termos abstratos que expressam o que Locke chamou de modos mistos. Em suma, este é o único método em que quaisquer termos abstratos podem, a longo prazo, ser expostos para qualquer propósito instrutivo: isto é, em termos calculados para suscitar imagens quer de substâncias percebidas, quer de emoções; - fontes, uma ou outra das quais cada ideia deve ser extraída, para ser clara. 7. O método comum de definição - o método *per genus et differentiam*, como os lógicos o chamam, em muitos casos, nem um pouco atenderá ao propósito. Entre os termos abstratos, logo chegamos aos que não têm gênero superior. Uma definição, *per genus et differentiam*, quando aplicada a estes, é certo, não pode avançar: ou deve parar, ou voltar, por assim dizer, sobre si mesma, em um circular ou em uma repetição.” (BENTHAM, 1823 [1776], p. 133). Tradução livre do original: “5. For expounding the words *duty, right, power, title*, and those other terms of the same stamp that abound so much in ethics and jurisprudence, either I am much deceived, or the only method by which any instruction can be conveyed, is that which is here exemplified. An exposition framed after this method I would term *paraphrasis*. 6. A word may be said to be expounded by *paraphrasis*, when not that word alone is translated into other words, but some whole sentence of which it forms a part is translated into another sentence; the words of which latter are expressive of such ideas are simple, or are more immediately resolvable into simple ones than those of the former. Such are those expressive of substances and simple modes, in respect of such abstract terms as are expressive of what Locke has called mixed modes. This, in short, is the only method in which any abstract terms can, at the long run, be expounded to any instructive purpose: that is in terms calculated to raise

1823 [1776], p. 133): não se deveria tomar tais palavras de forma solitária, mas sim considerar frases inteiras nas quais elas desempenham seu papel específico.

Para definição instrutiva da palavra “Estado”, pense-se em “eu sou um funcionário do Estado”; para definição de “direito”, analise-se “eu tenho o direito de liberdade”; igualmente, para definição instrutiva de contrato, dever-se-ia verificar em qual contexto a palavra seria usada em uma frase. Isso porque, para Bentham, o método aristotélico tradicional de definição *per genus et differentiam* não serviria para o propósito das referidas palavras abstratas. Seria necessário buscar temas que incentivassem a associação de uma palavra a uma imagem de algo substancial e fático, ou de uma emoção, para que a definição pudesse ter qualquer clareza.

A palavra ‘contrato’ é uma excelente candidata aos problemas identificados por Bentham na definição de termos abstratos: um contrato não se confunde com o instrumento por meio do qual o mesmo é formalizado, tanto assim que a legislação brasileira permite, sem qualquer problema, os contratos verbais. Ademais, a palavra ‘contrato’ associa-se a todas as funções e objetivos já explorados anteriormente, e ainda que uma imagem de uma folha de papel venha à mente, certamente outras emoções que geram incentivos comportamentais também se associam à palavra contrato. O mesmo pode-se dizer de *smart contract*: o problema principal para evocação da imagem substantiva deste conceito não é sua forma eletrônica, mas o conjunto de características que necessariamente devem estar presentes para que o conceito se materialize.

O problema, obviamente, é que enquanto muitas palavras possuem uma conexão direta com uma contrapartida correspondente no mundo material, categorias de palavras abstratas como ‘contrato’ não possuem esta correspondência – não há nenhuma referência concreta que se possa utilizar de forma instrutiva, como diria Bentham, para evocar uma imagem substancial. Para Hart, “a grande anomalia da linguagem jurídica [é] nossa incapacidade de definir suas palavras cruciais em termos de contrapartes factuais comuns<sup>59</sup>” (HART, 1983, p. 25).

---

images either of substances perceived, or of emotions; - sources, one or other of which every idea must be drawn from, to be a clear one. 7. The common method of defining – the method *per genus et differentiam*, as logicians call it, will, in many cases, not at all answer the purpose. Among abstract terms we soon come to such as have no superior *genus*. A definition, *per genus et differentiam*, when applied to these, it is manifest, can make no advance: it must either stop short, or turn back, as it were, upon itself, in a circulate or a repetend.”

<sup>59</sup> Aliás, Hart (1983, p. 47), discutindo a história da teoria jurídica e os responsáveis por ‘dicas valiosas’ para auxiliar na solução das idiosincrasias da linguagem jurídica cita exatamente Pollock, a quem usamos conceitualmente como parâmetro base de definição funcional de um “contrato” sob a perspectiva do sistema jurídico (POLLOCK, 1936), antes de adentrar nas particularidades da definição para o direito brasileiro.

Estudando estes tipos de conceitos no direito, Hart (1983, p. 23) pondera que tentativa de definição destes tipos de palavras perpassa evocação a qualidades, eventos e processos, materiais e psicológicos, que nunca são exatamente equivalentes aos termos abstratos legais, mas estão, de alguma maneira, conectados a eles.

Pense, como exemplo, na frase “eu firmei um contrato com fulano para comprar uma licença de *software* por doze meses para minha empresa”. Está implícito no uso das palavras escolhidas uma série de parâmetros e estruturas externas às afirmações em si (HART, 1983, p. 27) – notadamente a existência de um ordenamento jurídico estável, que atribui exequibilidade a contratos firmados de certas maneiras vinculando o comportamento dos contratantes e os sujeitando a sanções legais em caso de violação, bem como a expectativa da pessoa que expressou a frase de que todos esses parâmetros continuem sendo verdadeiros com o passar do tempo.

Hart pondera ainda que a abstração dos termos jurídicos os torna independente de ações do mundo real, o fazendo com uma repetida alegoria: a história de um “homem totalmente paralisado que vê a mão do ladrão fechar-se sobre seu relógio de ouro” (HART, 1983, p. 28). Nesta situação, diz Hart, o homem pode muito bem afirmar que tem “direito” de manter a posse do relógio em face do ladrão, ainda que não exista qualquer expectativa real ou de qualquer outra natureza que possa impedir tal ladrão de roubar o relógio: o conceito da palavra, aqui, não tem qualquer conteúdo descritivo de qualquer natureza, e depende integralmente de conceitos subjacentes jurídicos.

O nível de complexidade do esforço para estruturar a teoria jurídica conceitualmente levou James Bryce a sugerir que melhor seria apenas descrever as noções jurídicas e seus usos, sem se preocupar com a formulação de definições abstratas aplicáveis de forma ampla (BRYCE, 1901, p. 614). A propósito, esta foi a escolha do legislador brasileiro no tocante aos contratos, bem como é espelhada nos conceitos intensamente descritivos atrelados aos contratos na doutrina brasileira: a ‘manifestação de duas ou mais vontades’, ‘respeitadas todas as leis aplicáveis’, destinado a ‘estabelecer uma regulamentação de interesses entre as partes’, com o ‘objetivo de adquirir, modificar ou extinguir relações jurídicas de natureza patrimonial’ (DINIZ, 2003, p. 8).

Além de Hart, Wittgenstein (1996, p. 23) também ponderou, para além do contexto abstrato-jurídico, que à linguagem na sua logicidade e gramaticalidade somente é possível atribuir contexto e significado a partir do uso cotidiano – uso cotidiano este que, obviamente, encontra-se fundeado em um tempo e espaço definidos.

O significado de certas palavras ou grupos de palavras varia, assim, de acordo com o contexto e as circunstâncias em que são usadas. Comprovou-se que, praticamente, os pensamentos ligados a palavras abstratas são variáveis, dependendo do contexto verbal e das circunstâncias circundantes, bem como dos fins para os quais são utilizadas e da educação linguística e experiência dos seus utilizadores e seus ouvintes ou leitores (CORBIN, 1965, p. 168).

A premissa fundamental dos argumentos é dupla: em primeiro lugar, de que a linguagem, mas especialmente os termos jurídicos, somente podem ser totalmente compreendidos avaliando as circunstâncias e o contexto em que os termos são frequentemente usados (HART, 1983, p. 47); em segundo lugar, que a função primária de palavras abstratas no contexto jurídico não é descrever algo concreto, mas descrever uma função específica e distinta (HART, 1983, p. 31).

Este ponto foi apresentado de forma famosa no julgamento do caso *Pacific Gas & E. Co. v. G. W. Thomas Drayage etc. Co.*, S. F. No. 22580, em 1968, no âmbito de debate sobre o significado dos termos utilizados dentro de um contrato, reconhecendo de certa forma a ausência de objetividade absoluta na intervenção *ex post* do judiciário em contratos:

Se as palavras tivessem referentes absolutos e constantes, seria possível descobrir a intenção contratual nas próprias palavras e na maneira como foram arrançadas. As palavras, entretanto, não têm referentes absolutos e constantes. (...) Uma palavra é um símbolo do pensamento, mas não tem nenhum significado arbitrário e fixo como um símbolo de álgebra ou química. (*Pacific Gas & E. Co. v. G. W. Thomas Drayage etc. Co.*, S. F. No. 22580, 1968)<sup>60</sup>

Neste contexto, a evolução do termo *smart contract* é um exemplo primoroso do mencionado: vários estudos entendem que o conceito de *smart contract* está intrinsecamente vinculado ao *blockchain* (ALHARBY e MOORSEL, 2017, SAVELYEV, 2017), enquanto outros entendem que a ideia é independente da plataforma (VERSTRAETE, 2019; CUTTS, 2019; ERTMAN, 2017). O ponto importante, aqui, é a mutação: quando o termo foi formulado por Szabo, em 1994, era impossível haver sua vinculação ao *blockchain*, que só veio a existir quatorze anos depois, em 2008

---

<sup>60</sup> Tradução livre do original: “If words had absolute and constant referents, it might be possible to discover contractual intention in the words themselves and in the manner in which they were arranged. Words, however, do not have absolute and constant referents. (...) A word is a symbol of thought but has no arbitrary and fixed meaning like a symbol of algebra or chemistry” (*Pacific Gas & E. Co. v. G. W. Thomas Drayage etc. Co.*, S. F. No. 22580, 1968).

(NAKAMOTO, 2008). Entretanto, porque hoje o *blockchain* é o único método reconhecidamente funcional para a execução da ideia, sua existência foi incorporada ao conjunto de ideias associadas ao conceito abstrato *smart contract*.

Uma ideia repetida no mundo jurídico que se associa aos pontos já apresentados é a construção da ‘natureza jurídica’ de algo – *exempli gratia*, “qual é a natureza jurídica dos *smart contracts*?” A definição da natureza jurídica de um instituto é similar à definição conceitual de um termo abstrato, mas com foco no contexto jurídico. Nada tem de descritivo, sendo efetivo juízo normativo acerca da submissão de algo a um regime jurídico existente (VIVAN FILHO, 2017, p. 41). Este juízo normativo, por sua vez, autoriza a identificação da inclusão ou exclusão da disciplina legal aplicável ao conteúdo definido (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 44), possível ainda a extensão por analogia.

No caso dos *smart contracts*, se entendemos que este é uma espécie de contrato, focaremos nossos esforços a identificar a disrupção que ele causa na legislação voltada a este tipo jurídico; se entendemos, entretanto, que é mera forma de execução contratual, a análise teria como fulcro as questões de forma contratual; mas se nem ao menos como contrato os *smart contracts* agem, então o esforço incluiria encontrar as normas correlatas à função identificada.

De pronto, reconheça-se que o conceito de *smart contracts* diverge radicalmente quando usado em diferentes campos do conhecimento. Mesmo o significado da palavra “contrato” já tem potencial de divergir completamente a depender do contexto utilizado. Como vimos, se para o direito um contrato é “uma promessa ou um conjunto de promessas para cuja violação a lei oferece um remédio, ou cujo cumprimento a lei de alguma forma reconhece como um dever” (AMERICAN LAW INSTITUTE, 1981), para cientistas da computação um contrato é um “conjunto de códigos (e suas funções) e os dados a ele associados” (TRÓN e JAMESON, 2021).

Deve-se apontar que, em algumas situações, especialmente na ciência da computação, o termo *smart contracts* será utilizado para descrever hipóteses em que não há a criação, modificação ou extinção de quaisquer direitos, mas apenas código inserido em um sistema *blockchain* (LUESLEY, 2019, p. 160). Consideraremos que estes não são *smart contracts*, e também não parecem ser contratos – neste caso, sim, aproximando-se apenas de um código de computador. Assim, somente *smart contracts* que criam, modificam ou extinguem direitos, sejam eles de qualquer natureza, ainda que

exclusivamente direitos em relação a bens digitais, serão considerados *smart contracts* para nossa análise<sup>61</sup>.

Por este motivo, faremos uma imersão no recorte do conceito realizado por juristas e com foco em ordenamentos legais, já que este é próximo do objetivo que buscamos no presente capítulo. Este recorte divide-se, fundamentalmente, em dois grupos: aqueles que associam os *smart contracts* à sua forma – linguagem em código e programação no *blockchain* –, em uma conceituação de caráter majoritariamente descritivo, e aqueles que focam em uma análise de natureza funcional.

Nesta via temos as posições de que *smart contracts* seriam “código com execução automática” (FINCK, 2019, p. 79), um “tipo de código” (CUTTS, 2019, p. 395), o “código arquivado, verificado e executado no *blockchain*” (STARK, 2016). No Brasil, analistas afirmam que um *smart contract* seria um “script implantado no *blockchain*”

---

<sup>61</sup> Sobre este tema, Ribeiro (2020, p. 102) apresenta a seguinte proposta: “Percebe-se, por fim, no entender desta dissertação, que aos códigos computacionais vinculados ao *blockchain*, ou outra tecnologia de registro distribuída, mas que também criam, alteram e extinguem direitos e deveres, deve-se denominar como smart contract descentralizados ou distribuídos. Descentralizados, pois, são hipóteses específicas da utilização de *smart contracts* em que aproveitam das potencialidades do *blockchain*. Embora as tecnologias de registro distribuído tenham viabilizado e difundido em maior medida os *smart contracts*, não há impossibilidade de que eles sejam escritos e executados com o auxílio de outras soluções tecnológicas. Conclui-se, portanto, dos parágrafos anteriores, que são equivocadas as definições de *smart contracts* que não os vinculam à criação, modificação e extinção de direitos e deveres, estejam elas vinculadas, ou não, ao *blockchain*. Da mesma forma, consideram-se imprecisas as definições que afirmam que os *smart contracts* criam, modificam e extinguem direitos e deveres e simultaneamente exigem vínculo dos *smart contracts* ao *blockchain*.” Concordamos com a necessidade de criação, alteração e extinção de deveres ou direitos, como indicado no texto, mas não consideramos ‘equivocadas’ as demais – são usos diversos, em contextos diferentes, o que, como visto, gera resultados semânticos variados. Pensamos que, no campo do direito, especificamente, somente faz sentido falar-se em *smart contracts* quando há efetiva criação, modificação ou extinção de direitos ou deveres. Finalmente, já indicamos nossa posição de agnósticos quanto à tecnologia para implementação do conceito – não necessariamente depende do *blockchain*, mas é a única alternativa existente atualmente. Werbach e Cornell (2017, p. 340-342) também concordam com nosso ponto: “*Smart contracts* seriam contratos desde que manifestassem uma troca de obrigações concretas. Eles seriam contratos desde que visem alterar concretamente a relação normativa entre as partes. [...] Embora possam não constituir promessas *per se*, os *smart contracts* são mecanismos voluntários que pretendem alterar os direitos e deveres das partes. Afinal, nem todos os contratos tradicionais também são executórios. Um negócio ainda pode contar como um contrato, embora não deixe nada em aberto para ser feito ou executado. [...] Assim, o *smart contract* quebra um pouco a linha tradicional entre contratos executórios e contratos executados. [...] Isso causa dificuldade conceitual. Os *smart contracts* resultam em compromissos com o futuro, mas não exatamente constituem uma promessa. [...] este híbrido entre o compromisso *ex ante* e a aplicação *ex post* é novo. [...] Pode haver pouca dúvida de que os smart contracts pretendem alterar os direitos das partes. [...] Isso, acreditamos, é a essência de um contrato.” Tradução livre do original: “Smart contracts would be contracts as long as they manifest an exchange of concrete obligations. They would be contracts as long as they are meant to alter concretely the normative relation between the parties. [...] Though they might not constitute promises *per se*, smart contracts are voluntary mechanisms that purport to alter the rights and duties of the parties. After all, not all traditional contracts are executory, either. A deal may still count as a contract even though it leaves nothing open to be done or performed. [...] Thus, the smart contract somewhat breaks down the traditional line between executory and executed contracts. [...] This causes conceptual difficulty. Smart contracts are both committing to something in the future, but not exactly making a promise. [...] this hybrid between *ex ante* commitment and *ex post* enforcement is novel. [...] There can be little doubt that smart contracts purport to alter the rights of the parties. [...] That, we believe, is the essence of a contract.”

(JUNQUEIRA, 2020, p. 41) ou uma “estrutura presente em algumas plataformas *blockchain* que permite especificar código verificável em função de dados de entrada e do estado da rede *blockchain*” (DE SOUZA, 2019, p. 45).

Essas definições não estão incorretas – um *smart contract* certamente é, descritivamente, escrito na forma de código e executado no *blockchain*, como visto. Entretanto, funcionalmente, este não é o espaço que o *smart contract* ocupa na visão de Szabo<sup>62</sup> e, praticamente, no contexto do seu uso contemporâneo mais amplo. De fato, apesar de ser espécie de código, o uso do termo remonta funcionalmente ao uso de dispositivo funcionalmente equivalente, ou ao menos similar, a um contrato tradicional.

Diversos estudiosos do tema têm a visão de que os *smart contracts* constituem código, mas agem como contratos. Neste sentido, afirma-se que “*smart contracts* devem ser considerados contratos porque são mecanismo gerados por agentes com o objetivo de alterar direitos e obrigações” (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 338), que são “forma de expressar, por meio de código, instruções para a execução de transações de acordo com condições contratuais acordadas entre as partes” (CASEY e VIGNA, 2018, p. 71).

Outros analistas reconhecem que, de muitas formas, *smart contracts* “não são tão diferentes dos contratos escritos de hoje” (WRIGHT e DE FILIPPI, 2019, p. 74) e que para além do uso de computadores para executar contratos pré-existentes, os contratos podem afora “executar todo o processo contratual, da formação à execução” (GREEN, 2018, p. 235). Ou seja, reconhece-se que “A principal diferença entre contratos redigidos de forma tradicional e os contratos inteligentes é a antecipação das relações jurídicas que, agora, se tornariam automatizadas [...]” (FALEIROS JÚNIOR e ROTH, 2019, p. 50).

Ora, se um contrato é um acordo entre duas ou mais partes para fazer algo em troca de uma contrapartida, em que cada parte deve acreditar na capacidade da outra de cumprir sua parte do contrato, *smart contracts* são o mesmo tipo de acordo para agir em troca de uma contrapartida, mas eles o fazem excluindo um aspecto comportamental (a necessidade de cumprimento das obrigações) e a possibilidade de intervenção judicial *ex post* à exceção da indenização posterior, devido ao fato de que um *smart contract* é escrito e executado pelo mesmo sistema.

É importante esclarecer, para a definição, que não há impedimento qualquer à existência de um termo escrito em linguagem natural para acompanhar ou esclarecer os pontos executados em linguagem formal de código.

---

<sup>62</sup> Szabo afirma que *smart contracts* “usam protocolos e interfaces para facilitar todas as etapas de transações contratuais” (SZABO, 1994).

Stark (2016) sugeriu o uso das expressões código de *smart contract* (para se referir ao código no *blockchain*) e *smart contract* legal (para se referir à tecnologia como complemento de contratos legais). Parece-nos que a diferenciação existe porque os cientistas da computação referem-se a *smart contracts* para definir qualquer tipo de código programado no *blockchain* Ethereum, por exemplo. Ora, ninguém é dono de conceitos e não há nada de errado neste uso, mas é certo que a atribuição de significado ao termo *smart contract* no contexto jurídico partirá da função como parâmetro definidor, e a função de contratos para o Direito é historicamente clara.

Werbach e Cornell argumentam que o uso da expressão “contrato” e da linguagem associada ao direito dos contratos não é adequado para os *smart contracts*, porque estes objetos não sujeitam a parte a obrigações ou promessas prospectivas (2017, p. 341). Em nossa visão, entretanto, os autores falham em não reconhecer que os *smart contracts* seriam utilizados em situações idênticas às de contratos tradicionais – a operação subjacente diversa não é capaz de alterar este fato de similaridade funcional.

Se considerarmos que a definição de contrato requer a participação de um Estado político que organiza, limita e, sobretudo, dá exequibilidade aos negócios firmados, como sugerido por Hobbes (1974 [1651]), então um *smart contract* certamente não é um contrato. De outro lado, se considerarmos uma definição funcional de um contrato, como método de solução do problema de confiança recíproca para viabilização de negócios diferidos no tempo, então indubitavelmente um *smart contract* é um contrato.

Não deve-se afastar o ponto de que um *smart contract*, de certa maneira, é um meio de coerção, assim como um contrato. A diferença está no fato de que, enquanto um contrato usa o Estado, por meio do judiciário, para alteração do comportamento das pessoas para forçá-las a cumprir suas obrigações legais (COHEN, 1927, p. 12), *smart contracts* usam a força inexorável do código e dos sistemas descentralizados.

No mais próximo que temos de uma definição oficial do termo, a Standards Australia apresentou uma proposta à International Organization for Standardization (ISO) em 2016 para padronização dos termos relacionados a *blockchain* e *smart contracts*, resultando na edição do ISSO 22739:2020, que definiu o termo *smart contract* da seguinte forma: um programa de computador armazenado em um livro-razão distribuído em que o resultado de qualquer execução do programa é registrado no livro-razão. Adicionalmente, como uma nota, indica que um *smart contract* também pode representar termos em um contrato em lei e criar uma obrigação legalmente exigível de acordo com a legislação de uma jurisdição aplicável.



Acreditamos com convicção que o sistema contratual brasileiro, especialmente diante da ausência de definição do termo ‘contrato’ e do seu tratamento com caráter funcional, formalismo reduzido e conceitos abertos, tenderia a considerar um *smart contract* como funcionalmente equivalente a um contrato e, portanto, a ele sujeitaria as normas jurídicas potencialmente aplicáveis.

Um *smart contract* pode ser escrito em linguagem de código, certamente, e sob esta perspectiva, código organizado de certa maneira pode configurar um *smart contract*. Entretanto, como já apresentado, o método *per genus et differentiam* é incapaz de esclarecer o conceito de um *smart contract* – algo não é um *smart contract* por ser um tipo de código, ou por ser tipo de contrato, mas por exercer funções similares às aquelas exercidas por um contrato tradicional, não funções similares a códigos.

Simplificando o argumento e para utilizar a proposta de Bentham (BENTHAM, 1823 [1776], p. 133): parece razoável ponderar-se que uma pessoa seria capaz de utilizar o termo na frase “eu firmei um *smart contract* com fulano para comprar uma licença de *software* por doze meses para minha empresa” e esta frase teria o mesmo significado que “eu firmei um contrato com fulano para comprar uma licença de *software* por doze meses para minha empresa” e emoções similares viriam à mente daquele que fala, embora com a diferença de que na primeira frase expectativas quanto à execução ser automática também estariam embutidas em seu uso.

Como consequência do exposto, pois, entendemos no presente estudo que um *smart contract* é funcionalmente similar a um contrato, e, portanto, é espécie de contrato. Entendemos, adicionalmente, que não é mera forma ou receptáculo de contrato, porque altera os elementos de operacionalização funcional de forma significativa, motivo pelo qual acreditamos ser razoável defender que se trate de um tipo específico e fundamentalmente novo de contrato.

Este ponto, entretanto, leva-nos ao próximo capítulo: a estrutura legal do direito contratual brasileira precisa de ajustes para acomodar as mudanças, riscos e vantagens gerados pelos *smart contracts*. Nesse sentido, passa-se a analisar de que formas os *smart contracts* geram disrupção na teoria contratual tradicionalmente e, adicionalmente, quais são as consequências destas disrupções sob as perspectivas legal e constitucional, bem como quais poderiam ser os ajustes para um novo direito dos contratos que acolha e regule os *smart contracts*.

## 2. A DISRUPÇÃO DOS *SMART CONTRACTS* NO DIREITO CONTRATUAL

Porque falar sobre disrupção quando falamos de *smart contracts*?

Christensen (1997) cunhou e desenvolveu, no campo da teoria econômica e dos negócios, a ideia da inovação disruptiva, em que diferencia tecnologias disruptivas (*disruptive technologies*) de tecnologias sustentáveis (*sustaining technologies*). De acordo com sua proposta, inovações disruptivas fornecem um nível de desempenho menor em relação às características importantes aos consumidores, ou fornecem vantagens consideradas valiosas apenas a um subgrupo específico de consumidores – ao menos em um primeiro momento. Porque estas tecnologias disruptivas têm a capacidade de melhorar seu desempenho com suficiente conhecimento e investimento, elas eventualmente assumem o controle do mercado, e empresas que investiram na sua adoção terão maior chance de sucesso do que empresas que ignoraram a disrupção em seu nascedouro pelos altos custos e riscos iniciais.

*Smart contracts* parecem ter as características descritas por Christensen quanto ao potencial de gerar vantagens em relação às características dos institutos anteriores, bem como criar novos e radicais atributos. Estudos realizados pelo governo do Reino Unido afirmam que *smart contracts* baseados em *blockchain* têm potencial de inovação revolucionário (UK GOVERNMENT CHIEF SCIENTIFIC ADVISER, 2016, p. 56) de natureza radical, não incremental, equivalente à destruição criativa (*schöpferische Zerstörung*) de Schumpeter (2003, p. 81), mas ainda mais próximo de uma potencial sexta revolução tecnológica na estrutura sugerida por Carlota Perez (2002, p. 11).

Simultaneamente, *smart contracts* possuem suficientes custos e riscos adicionais que geram significativas dúvidas quanto à sua capacidade de suplantar os contratos tradicionais – investimentos massivos em regulação e ajuste informacional seriam necessários para alcançar a justificativa econômica e social para seu uso.

Aliás, no que diz respeito ao social, não passa despercebido o fato de que Christensen originalmente falava de mercado e empresas em sua teoria, não de instituições sociais e governos. Pensamos que, neste ponto, é possível fazer uma interessante analogia com a ideia da metamorfose de Beck (2016).

O autor trabalha com a ideia de que uma “[...] metamorfose abrangente, não intencional e não ideológica que toma conta da vida cotidiana das pessoas está ocorrendo quase inexoravelmente, com uma enorme aceleração [...]”, mudando como o mundo funciona de maneira tão rápida a gerar a falha das instituições. Instituições e conceitos

sociais e políticas tornam-se anacrônicos diante dessas mudanças do mundo, e as regras que antes eram capazes e úteis de lidar com a sociedade falham diante da enormidade e velocidade da mudança.

Uma das falhas catastróficas identificadas por Beck diz respeito à incapacidade de Estados nacionais lidarem com mudanças que ocorrem em nível global – cenário que parece ser identificável no contexto dos *smart contracts*.

De toda forma, temos aqui os ingredientes para o início da análise: uma tecnologia potencialmente disruptiva, capaz de gerar a teórica obsolescência de parte das instituições, inclusive o direito contratual.

Sugeriu-se o nome de *cryptolaw* para representar o ramo jurídico dedicado ao direito relacionado à programação, implementação e execução de *smart contracts* e qualquer outro tipo de código de computador autônomo e autoexecutável (REYES, 2017). Em português, apesar de diferentes nomes utilizados pela comunidade jurídica brasileira<sup>63</sup>, entendemos como mais preciso o *portmanteau* criptodireito.

Os *smart contracts* diferem de outros tipos de contratação porque o código digital em linguagem formal não é apenas uma representação do contrato; é o contrato em sua própria literalidade e dessa forma será executado, em regra sem possibilidade de revisão judicial. A capacidade de um *smart contract* de executar automaticamente as obrigações contratuais, bem como a sua inexorabilidade, têm um impacto significativo nas atuais normas contratuais (CVETKOVIC, 2019, p. 226). Termos e ideias tradicionalmente usados, como a formulação de um contrato, sua interpretação e o descumprimento, adquirem novos significados e finalidades.

O uso de *smart contracts* em *blockchains* públicos, distribuídos e de acesso aberto, especialmente, trazem várias disrupções – as partes são pseudônimos; não há jurisdição clara; não existe uma legislação de controle clara; as transações não podem ser alteradas; existem erros de incompatibilidade de realidade (SANITT, 2018, p. 62). *Smart contracts* constituem um desvio das formas anteriores também porque seu projeto funcional restringe a capacidade dos tribunais de intervirem no funcionamento e cumprimento das obrigações.

Como ocorre em quase todas as situações, o uso prático desta nova tecnologia precede qualquer exame jurídico sobre os seus impactos legais, impactos estes que sacodem um dos campos jurídicos mais tradicionais: o direito dos contratos. Significativa

---

<sup>63</sup> Por exemplo, alguns estudiosos mantêm a expressão em inglês *cryptolaw* (DA COSTA, PRADO e GRUPENMACHER, 2020), enquanto outros utilizam a forma *criptodireito* (CORREIA, 2019).

parte do que se considera necessário para viabilizar uma análise constitucional contemporânea dos direitos dos contratos e os princípios a ele aplicáveis estão simplesmente ausentes do campo das possibilidades no que toca aos *smart contracts*. Revisão, rescisão, resolução, equilíbrio contratual, revisão de deveres com base na boa-fé ou na função social dos contratos – todos estes critérios, intrinsecamente ligados à constitucionalização do direito contratual, tem aplicação praticamente impossível nos *smart contracts*, resolvendo-se por meio de soluções *ex post* como a indenização.

Neste contexto, deve-se questionar até que ponto os *smart contracts* atendem aos requisitos sistêmicos especialmente relacionados à norma constitucional e aos microssistemas contratuais, ou se devem ser relegados a usos especiais em que a impossibilidade parcial da intervenção heterogênea não configuraria violação ao sistema jurídico brasileiro.

Os *smart contracts* serão utilizados em circunstâncias que, de outra forma, estariam sujeitos à lei contratual, motivo pelo qual serão considerados como sujeitos à lei contratual em seu sentido mais direto. Os riscos decorrentes do funcionamento novel do instituto, por sua vez, suscitarão reações que terão repercussões significativas, tanto para as partes envolvidas quanto para o avanço do direito contratual como um todo.

## **2.1. As alterações dos incentivos econômico-comportamentais do direito contratual**

Os *smart contracts* oferecem uma abertura para a análise acerca de como o direito contratual deve ser pensado em um nível teórico. Dada sua viabilidade teórica e prática, interessa perguntar de quais maneiras os *smart contracts* têm a mesma função que os contratos tradicionais, solucionando os mesmos problemas, mas de forma diversa do que os contratos e o direito dos contratos executam há centenas de anos. Indaga-se também se essas diferenças trazem consigo riscos e vantagens significativamente variadas e, talvez mais úteis para situações diferentes do uso de contratos.

Esta verificação não limitar-se-á ao exame estrutural dos elementos constitutivos de um contrato, tendo como objetivo fundamental privilegiar a função dos institutos jurídicos, o que, acreditamos, será prestadio para servir de trampolim para as discussões posteriores.

A fim de que se possam identificar e compreender as disrupções causadas no direito contratual pelos *smart contracts*, é necessário, portanto, realizar uma comparação entre os institutos e uma verificação dos pontos funcionais de convergência e divergência, tarefa da qual passamos a nos ocupar neste capítulo.

O conceito jurídico de contrato é reflexo de uma realidade exterior a ele próprio, composta por interesses, comportamentos e incentivos sociais e factualmente verificáveis. Por esse motivo, para conhecer a lógica comportamental subjacente ao conceito de contrato é necessário analisá-lo empiricamente, apresentando o motivo de sua existência e sua própria utilidade social.

Tradicionalmente, um conceito econômico de contrato o consideraria uma ferramenta para transação diferida de mercado entre duas ou mais partes, meio de troca entre pessoas (TIMM, 2012, p. 160). Sua função está associada, no âmbito contemporâneo, a aspectos eminentemente econômicos, de forma que a concepção de operação econômica é uma das expressões que possuem equivalência aos contextos e contingências que constituem o contrato (ROPPO, 1988, p. 8).

Na teoria econômica clássica, trocas existem numa sociedade porque as pessoas valoram diferentemente os bens, ou serviços, ou seu próprio tempo. Assim, tudo aquilo ao qual às pessoas atribuem algum valor – bens, serviços e tempo –, dadas circunstâncias ideais de mercado, fluiriam daqueles que atribuem menor utilidade intrínseca àqueles que atribuem maior utilidade (COOTER e ULEN, 2008, p. 3).

Ressalte-se que a utilidade ora discutida não tem necessária relação com equivalência a reserva de valor monetário, mas sim como decorrência direta dos comportamentos das pessoas quanto a estes bens, serviços e tempos, seja ouro, saúde ou um beijo, e considerando ainda os vieses comportamentais notadamente reconhecidos na ciência econômica. Essa circulação de riqueza implica a realização de operações econômicas e, muitas vezes, a formação de contratos (ROPPO, 1988, p. 13).

Inobstante essa expectativa da existência de negócios pareada com a circulação de riqueza, é certo que quando a circulação de riquezas ocorre de maneira simultânea e se essa sincronicidade fosse a regra, a proteção legal advinda dos direitos contratuais seria radicalmente menos premente (POSNER, 2010, p. 116).

De fato, em uma troca concomitante e um contrato não relacional, há pouca ou nenhuma razão para geração de obrigações futuras e criação de proteções legais por meio de um contrato (COOTER e ULEN, 2008, p. 203). Tome-se como exemplo a compra e venda de uma fruteira em uma *garage sale*: em regra, a transação é completada com a troca de uma nota de dinheiro, ou o pagamento por cartão ou PIX, pela entrega do produto, a tradição, não havendo necessidade da elaboração ou execução de contrato. As duas promessas – “eu vou vender-lhe esta fruteira” e “eu vou pagar pela fruteira” – são executadas simultaneamente e, neste exemplo, não criam grandes problemas de confiança entre as partes.

Um contrato pode consistir em uma troca de promessas, ou pode consistir em uma promessa unilateral condicional, mas sempre especifica algum desempenho futuro por parte das partes envolvidas (CUTTTS, 2019, p. 421), criando direitos e responsabilidades bilaterais em relação a esse desempenho (CUTTTS, 2019, p. 422).

Nas hipóteses em que as partes não executam suas obrigações ao mesmo tempo, o processo da troca voluntária decorrente do mercado, que se espera aconteça em um movimento de recursos daqueles que atribuem menor utilidade intrínseca àqueles que atribuem maior utilidade, teoricamente criando e maximizando valor, não funcionaria com consistência e segurança, por dois problemas decorrentes da ausência de simultaneidade: o oportunismo e contingências imprevistas. Os contratos são uma das soluções oferecidas pelo direito para solução deste problema de cooperação mútua (POSNER, 2010, p. 115-116).

Promessas tipicamente tratam de trocas deferidas no tempo, ou seja, transações que envolvem a entrega de algo imediato em troca de algo futuro, ou com a existência de uma contingência a ser cumprida. A passagem do tempo entre a troca de

comprometimentos ou promessas entre as partes e o seu cumprimento gera incerteza e riscos; a incerteza e os riscos tornam-se obstáculos para a troca e a cooperação. Por sua vez, a exequibilidade das promessas por cortes de direito, em conjunto com a potencial aplicação de multas, servem como incentivo para um comportamento que valoriza a troca e a cooperação (COOTER e ULEN, 2008, p. 203).

Por estes motivos, utilizam-se contratos, em regra, para coordenação síncrona de ações que possuem resultados diferentes, com geração de confiança em operações que dependem de atos futuros, resultando no incentivo à produção em antecipação ao pagamento (POLINSKY e SHAVELL, 2007, p. 8-10).

Dê-se outro exemplo para melhor compreensão: a aquisição de um produto de forma eletrônica. Se não há uma relação de confiança mínima, o comprador certamente não realizará o pagamento antecipado sem algum tipo de garantia que o vendedor enviará o produto. Ao mesmo tempo, o vendedor não enviará o produto sem a garantia de que receberá o pagamento – trata-se de um dilema de ausência de confiança mútua. O contrato permite que esse dilema seja superado, gerando cooperação entre as partes.

Observem que não estamos, ainda, analisando as situações que envolvem a geração de confiança forte entre as partes, notadamente em contratos relacionais, o que será realizado mais à frente no estudo.

Em conclusão às premissas postas, tem-se, pois, que a ausência de direitos exequíveis por lei faria com que os investimentos tendessem às atividades econômicas que pudessem ser completadas de forma imediata, ou ainda a realização de negócios apenas entre partes que já possuem confiança prévia por outros motivos, o que implicaria redução na eficiência e no espectro de possíveis negócios; em outras palavras, estar-se-ia perdendo a oportunidade de gerar mais valor para a sociedade, conforme a teoria econômica clássica, com a execução das diversas trocas mais eficientes diferidas no tempo (COOTER e ULEN, 2008, p. 203).

Os contratos, sob esta análise, alteram o comportamento das pessoas, gerando incentivos que resultariam em ações mais cooperativas, em contraposição a ações de descumprimento de compromissos. Do ponto de vista econômico, o contrato funciona por meio do aumento dos custos para o não cumprimento das promessas (NEUMANN e MORGENSTERN, 1944). Assim, um contratante prefere cumprir o contrato simplesmente porque é mais custoso não o cumprir.

Tem-se, assim, que os principais objetivos do direito dos contratos, neste contexto de interpretação funcional apresentada, tratar-se-iam dos requisitos para que os contratos

possam funcionar como contratos da maneira mais eficiente possível, considerando seu objetivo precípua de criação de cooperação e incentivo de realização de operações de longo prazo. Trata-se de garantir que os contratos tenham força e capacidade para a alteração dos comportamentos dos contratantes, em especial dado um estudo tomando como base a disciplina econômica.

Dada a definição de contrato e as premissas apresentadas, pode-se deduzir que o objetivo básico do direito dos contratos seria promover a coordenação entre contratantes e a cooperação por meio da imposição de custos e incentivos, para que as pessoas ajam de forma a cumprir as promessas feitas à outra parte contratante e seja reduzida a necessidade da tomada de medidas de proteção custosas (POSNER, 2010, p. 117), como o ajuizamento de ações.

Em outras palavras, o direito dos contratos seria o esforço do poder público, suportado em tribunais com força executiva, de estabelecer sanções positivas para as expectativas de boa-fé decorrentes das transações realizadas por pessoas capazes (POLLOCK, 1936, p. 1) e sanções negativas aos que agem de forma contrária à cooperação esperada. Assim, temos como seus principais objetivos básicos a determinação de exequibilidade a promessas e a promoção da cooperação.

A determinação de exequibilidade a promessas seria a função mais básica do direito dos contratos e consistiria em tornar exigíveis os termos contratuais verificáveis por um terceiro adjudicador (ARAÚJO, 2007, p. 108), preferencialmente nos cenários e situações em que ambos os contratantes queriam e esperavam tal exigibilidade *ex ante* (COOTER e ULEN, 2008, p. 202), de maneira a incentivar o cumprimento das promessas feitas, convertendo situações de não cooperação entre contratantes em situações com uma solução de cumprimento das promessas realizadas (COOTER e ULEN, 2008, p. 205-208).

A promoção da cooperação, por sua vez, pode ser desenvolvida de várias maneiras, por exemplo: proporcionando às partes termos claros para preenchimento de lacunas contratuais e atribuição de riscos e danos *ex post* (POSNER, 2010, p. 123); por meio de normas supletivas eficazes (ARAÚJO, 2007, p. 108-109); pela promoção da clara revelação de informações e expectativas de parte a parte na relação contratual (COOTER e ULEN, 2008, p. 208); pelo fornecimento de tipificação legal (ARAÚJO, 2007, p. 108) e pela criação de termos e vocabulário padrão, reduzindo os custos de transação (COOTER e ULEN, 2008, p. 220-221).

O direito contratual oferece, pois, uma estrutura legal para o cumprimento de promessas ou compromissos legais. Podem-se identificar, entretanto, duas



fundamentações subjacentes para essa atribuição de exequibilidade a promessas, ou duas maneiras de se enxergar o direito dos contratos.

Fried (2015), de forma alinhada aos autores associados à linha do direito e economia, propõe que sempre que um promitente faz uma promessa para alguém, essa promessa gera o dever de realizar o ato ou fornecer o serviço que foi previamente prometido. Mesmo na ausência de uma lei contratual formal, quando uma pessoa assume um compromisso com outra, uma responsabilidade moral é formada. Como resultado da criação de responsabilidades legais equivalentes, o direito contratual, de acordo com essa teoria, trabalha para aumentar e sustentar essas obrigações morais.

O que é crucial, para essa teoria, é que as promessas são um aspecto fundamental da existência humana e o direito contratual incentiva e valoriza este comportamento de realizar promessas ao fornecer reconhecimento legal e execução às mesmas. Em outras palavras, para fortalecer nossos compromissos morais, o direito contratual adiciona requisitos legais subjacentes, criando um dever legal sobreposto por uma responsabilidade moral. Ao argumentar que um contratante tem a obrigação legal de cumprir suas promessas, afirmamos que os indivíduos devem também moralmente cumprir suas promessas e, portanto, defendemos a “instituição” da promessa (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 355).

Tem-se assim que, de acordo com a teoria<sup>64</sup> de Fried, os direitos e obrigações legais exequíveis como decorrência de um contrato correspondem aos direitos e responsabilidades morais criados pela promessa, e essa correspondência dá suporte à existência do direito contratual.

Portanto, o fundamento existencial do direito contratual, no contexto de Fried, seria ajudar a garantir que os indivíduos estejam realmente vinculados aos seus acordos promissórios quando os celebram. Quanto mais o direito contratual enfatiza que os contratantes devem cumprir o que prometeram, mais eficaz o direito contratual parece ser, ao menos sob este ponto de vista.

Nesse contexto, os componentes do direito contratual que se desviam do objetivo de garantir que as partes honrem suas obrigações, como é o caso da execução específica sob uma visão *ex post*, podem parecer extralegais. Assim, não é tarefa simples compatibilizar a visão do cumprimento de promessas com as hipóteses de revisão contratual por desequilíbrio contratual, a rescisão contratual, a conversão das obrigações

---

<sup>64</sup> Conhecida como “*correspondence theory*”.

contratuais em perdas e danos e até mesmo a função social do contrato. Isso porque o cumprimento do contrato e a execução específica das obrigações estão mais alinhados com o compromisso moral, para esta teoria, de cumprir a promessa com o qual um contratante se comprometeu. Se o propósito do direito contratual for fortalecer e confirmar responsabilidades morais, e se obrigações morais exigirem que façamos o que prometemos, o direito contratual deveria se esforçar para harmonizar a moralidade e o dever legal (SHIFFRIN, 2007).

Todavia, o problema desta linha de fundamentação é que diversos tipos de negócios jurídicos e contratos legalmente válidos não geram compromissos de ordem moral similares aos que surgem quando se faz uma promessa (PRATT, 2008). Paralelamente, todas as promessas podem gerar responsabilidades morais, mas nem todas as promessas criam obrigações legais. Ademais, na prática, diversos motivos econômicos e jurídicos justificariam o afastamento da execução específica da obrigação, ainda que o seu cumprimento seja o que mais proximamente se alinha ao compromisso moral subjacente – em verdade, qualquer situação em que a execução específica for muito custosa (ao menos mais custosa que outra solução) ou até impossível.

Uma segunda forma de ver o direito contratual, pois, é pensá-lo como um mecanismo de livre criação de responsabilidades legais, de uma maneira que não esteja necessariamente ligada à moralidade ou aos resultados prometidos. As responsabilidades contratuais não teriam necessariamente de corresponder a compromissos morais, de acordo com este ponto de vista (KRAUS, 2009). Em vez disso, os deveres contratuais podem ser elaborados de acordo com o que seja do melhor interesse das partes envolvidas. As partes podem criar uma responsabilidade legal independente, que pode ser usada para uma variedade de objetivos, dentro de sua própria liberdade individual.

A partir dessa linha, os contratos visariam a capacitação e o fortalecimento das liberdades dos indivíduos (KAR, 2016), permitindo-lhes utilizar as promessas como instrumentos para influenciar a conduta uns dos outros e, ao fazê-lo, atingir uma ampla variedade de necessidades e interesses humanos.

Este entendimento está em linha com teóricos da década de 80 que ponderavam que a capacidade de se submeter a obrigações legais aumenta o nível de liberdade e fortalece comportamentos cooperativos (GOETZ e SCOTT, 1980), independentemente da existência de uma moral subjacente, e que a execução contratual deve estar associada à vontade das partes (BARNETT, 1986), em contraposição à execução específica como consequência da moralidade da promessa.

No Brasil, as linhas contemporâneas e constitucionalmente inclinadas de fundamentação da exequibilidade de promessas alinham-se à ideia da promessa como forma de manifestação e hegemonia da liberdade individual: “[...] compreende-se a identificação do contrato como acordo de vontades, a sobressair a hegemonia da vontade como definição e fonte do principal mecanismo de regulação dos interesses privados” (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 43).

Para esta linha, portanto, o objetivo do direito contratual é facilitar o comportamento negocial, desenvolvendo um sistema no qual alguém pode se comprometer voluntariamente, escolhendo penalidades flexíveis e previsíveis para a violação de um contrato (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 359). De acordo com este ponto de vista, o objetivo essencial do direito contratual é permitir que os indivíduos gerem consequências previsíveis, permitindo-lhes governar seu próprio comportamento e ações. Seria parte do conteúdo da liberdade individual, autodeterminação e livre arbítrio a possibilidade de que um agente capaz transfira, por sua própria vontade, o poder de direcionar suas próprias escolhas com relação ao futuro por meio da realização de um contrato (RANKIN, 2011).

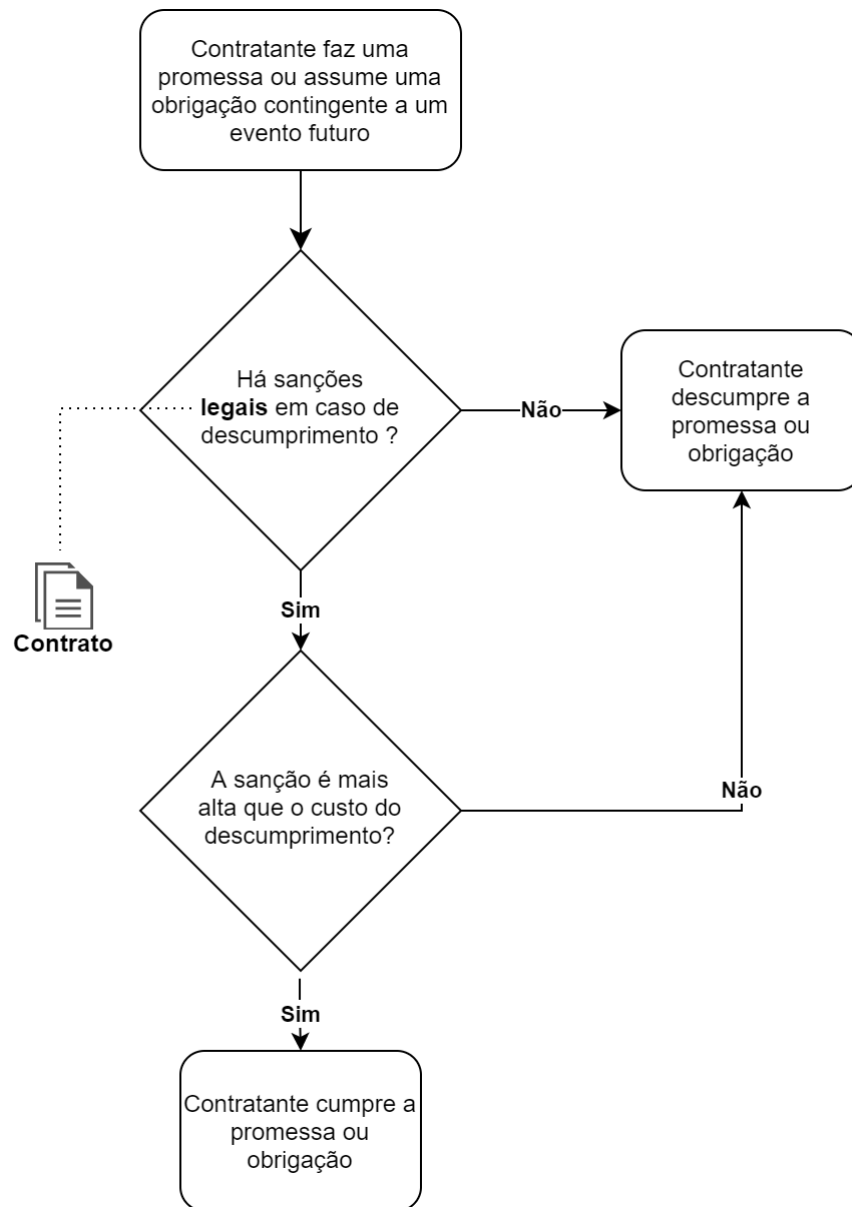
A semelhança entre as duas perspectivas apresentadas até o momento parece relativamente óbvia: estão sendo criadas sanções juridicamente exequíveis *ex ante* com o objetivo de alterar o comportamento dos contratantes, de não-cooperativo para cooperativo. Independentemente de o fundamento da exequibilidade se originar na moral decorrente da promessa ou na hegemonia da liberdade individual, o foco é na criação de incentivos para a mudança do comportamento.

É por conta dessa lógica que os contratos, sob esta ótica, não seriam elaborados com foco na execução ou integração judicial. Para a economia comportamental, não é no descumprimento que os contratos encontram seu foco, mas sim na alteração do comportamento dos contratantes pela alteração dos incentivos aos quais estão sujeitos.

Vale mencionar que a boa-fé, como veremos, também é entendida neste cenário como o dever de tomar ações em linha com as promessas e obrigações assumidas. No contexto de uma análise exclusivamente econômico-clássica, o cumprimento das promessas não ocorre em decorrência da índole dos contratantes no âmbito ético de suas vidas, mas porque os incentivos e sanções de determinado contrato apontariam o cumprimento como o comportamento com resultado mais útil.

Poder-se-ia, portanto, desenhar um singelo modelo de mudança de comportamento como decorrência das sanções, em que a árvore de decisões de um contratante funcionaria da seguinte maneira:

**Imagem 5: Fluxograma de decisões comportamentais do contratante, de acordo com a teoria das sanções legais**



*Fluxograma elaborado pelo autor.*

Nas visão de Hobbes, a intervenção por meio de sanção legal a partir de um estado organizado e de um sistema jurídico é requisito *sine qua non* para o funcionamento dos pactos entre homens<sup>65</sup>.

Como um todo, o direito contratual se preocupa em vincular os promitentes não apenas eticamente, mas também legalmente. Contratos seriam resultados de atos voluntários dos contratantes, cujo objetivo é colocar a si próprio sujeito a uma obrigação, e a estruturação legal deve permitir essa assunção voluntária de obrigação, como forma de liberdade social de um cidadão.

É absolutamente fundamental apontar, entretanto, que nem sempre as sanções decorrentes do descumprimento de um acordo são legais, como o ajuizamento de uma ação ou o envio de uma notificação extrajudicial que busca reparação de danos causados. Contratos firmados dentro de uma família ou uma comunidade podem carregar sanções sociais muito mais graves para o contratante caso haja descumprimento (COOTER e SCHAFER, 2012, p. 83). Na prática, sistemas de acordos mútuos similares a contratos são frequentemente mantidos por indivíduos sem a necessidade da autoridade de fiscalização do Estado<sup>66</sup>.

Volte-se ao exemplo da compra e venda online, e suponha-se agora os contratantes são mãe e filho, ou cônjuges, com longo relacionamento de confiança. Eles assinariam um contrato tradicional, escrito, com regras e sanções? Provavelmente não, porque já confiam um no outro pelo relacionamento reiterado, o que gera uma expectativa de comportamentos futuros, e, ademais, tem o conhecimento de que o descumprimento da promessa contratual implicará sanções sociais – talvez a ira ou desapontamento dos demais membros da família – que são suficientes para incentivar o cumprimento voluntário, sem necessidade de intervenção estatal.

Nada anteriormente impossível se torna concebível como resultado do uso de contratos; em vez disso, eles permitem que negócios complexos ou operações econômicas

---

<sup>65</sup> “Ora, como os pactos de confiança mútua são inválidos sempre que de qualquer dos lados existe receio de não cumprimento (conforme se disse no capítulo anterior), embora a origem da justiça seja a celebração dos pactos, não pode haver realmente injustiça antes de ser removida a causa desse medo; o que não pode ser feito enquanto os homens se encontram na condição natural de guerra. Portanto, para que as palavras "justo" e "injusto" possam ter lugar, é necessária alguma espécie de poder coercitivo, capaz de obrigar igualmente os homens ao cumprimento de seus pactos, mediante o terror de algum castigo que seja superior ao benefício que esperam tirar do rompimento do pacto, e capaz de fortalecer aquela propriedade que os homens adquirem por contrato mútuo, como recompensa do direito universal a que renunciaram. E não pode haver tal poder antes de erigir-se um Estado” (HOBBS, 1974 [1651], p. 90).

<sup>66</sup> Acerca do assunto, ver Bernstein (1992) sobre o mercado de diamantes independente de um ordenamento jurídico e Ellickson (1991) sobre a compra e venda de gado no norte da Califórnia (similar ao funcionamento do mercado da pecuária no sul e sudeste do Brasil).

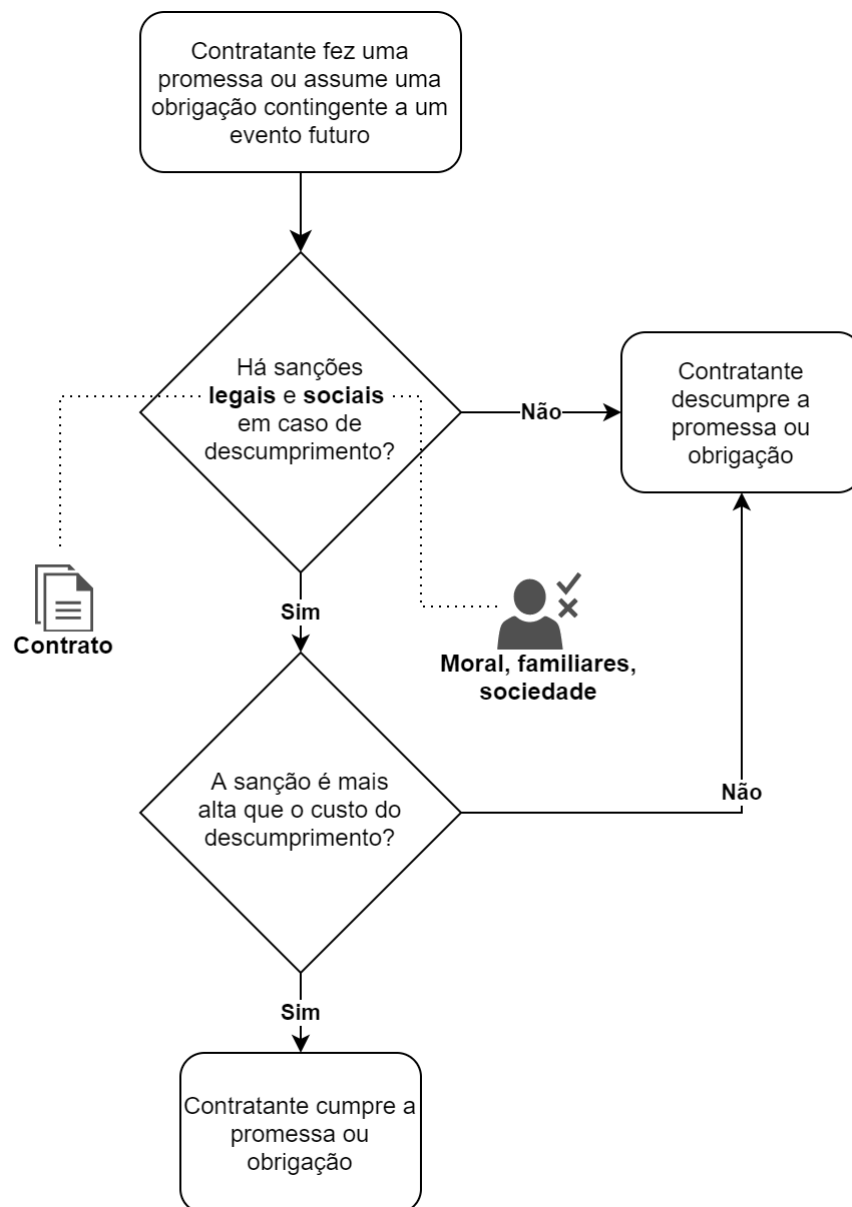
de longo prazo entre pessoas desconhecidas sejam tratados de uma maneira que reduza a necessidade de confiança prévia entre os contratantes, ou da existência de sanções sociais específicas.

Alguns mecanismos modernos de atribuição de responsabilidade social, como a elaboração de *reviews* e a atribuição de notas aos contratantes públicos em plataformas específicas para tanto são, de certa forma, uma iteração dos mecanismos históricos de sanção social em decorrência do descumprimento de promessas.

Assim, obviamente, sabemos que o diagrama apresentado acima não é nem um pouco preciso – o contratante poderia cumprir a promessa mesmo caso não houvesse sanção jurídica. Os princípios por detrás dos incentivos comportamentais do contrato por meio de sanções sociais ou legais são os mesmos – trata-se de incentivos positivos ou negativos que tornam o custo do não cumprimento da promessa maior do que o custo do cumprimento.

Neste formato, reconhecendo que os motivos para a cooperação e o cumprimento de obrigações contratuais podem decorrer de outras fontes que não o direito, a mesma árvore de decisões agora teria o seguinte formato:

**Imagem 6: Fluxograma de decisões comportamentais do contratante, de acordo com a teoria das sanções legais somada às sanções sociais**



*Fluxograma elaborado pelo autor.*

Na prática, entretanto, as razões comportamentais relacionadas ao descumprimento de um contrato são uma miríade – é impossível ter-se um modelo comportamental aplicável de forma simples que preveja o comportamento de descumprimento de contratos, assim como o cumprimento.

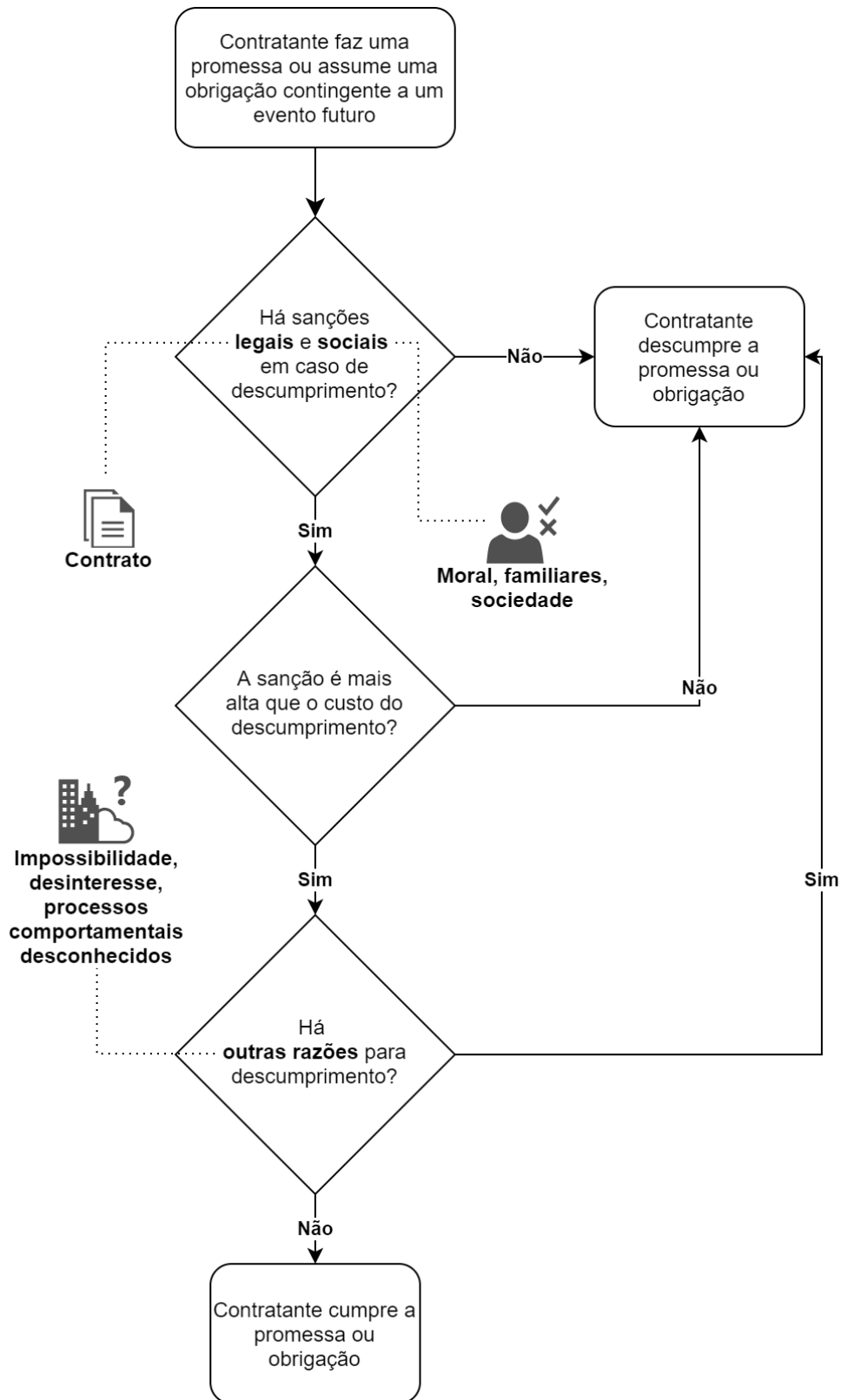
Desde motivos comportamentais complexos decorrentes de contingências não identificáveis a partir da teoria do behaviorismo radical (SKINNER, 1976; BAUM, 2005; BAUM e RACHLIN, 1969) a vieses comportamentais que geram comportamentos aberrantes e não explicáveis a partir de uma análise utilitarista clássica (KAHNEMAN e

TVERSKY, 1986; KAHNEMAN e TVERSKY, 1981; KAHNEMAN, KNETSCH e THALER, 1990), é plenamente possível considerar-se cenários em que, mesmo presentes obrigações jurídicas ou sociais custosas o suficiente para obrigar um comportamento cooperativo, ainda assim, uma pessoa decida descumprir suas promessas.

Neste formato, reconhecendo adicionalmente que os motivos para o descumprimento e cumprimento de obrigações contratuais podem decorrer de outras fontes que não o direito ou as sanções sociais e familiares, uma árvore de decisões mais próxima da realidade teria o seguinte desenho:



**Imagem 7: Fluxograma de decisões comportamentais do contratante, considerando razões legais e fáticas para o cumprimento e descumprimento das obrigações**



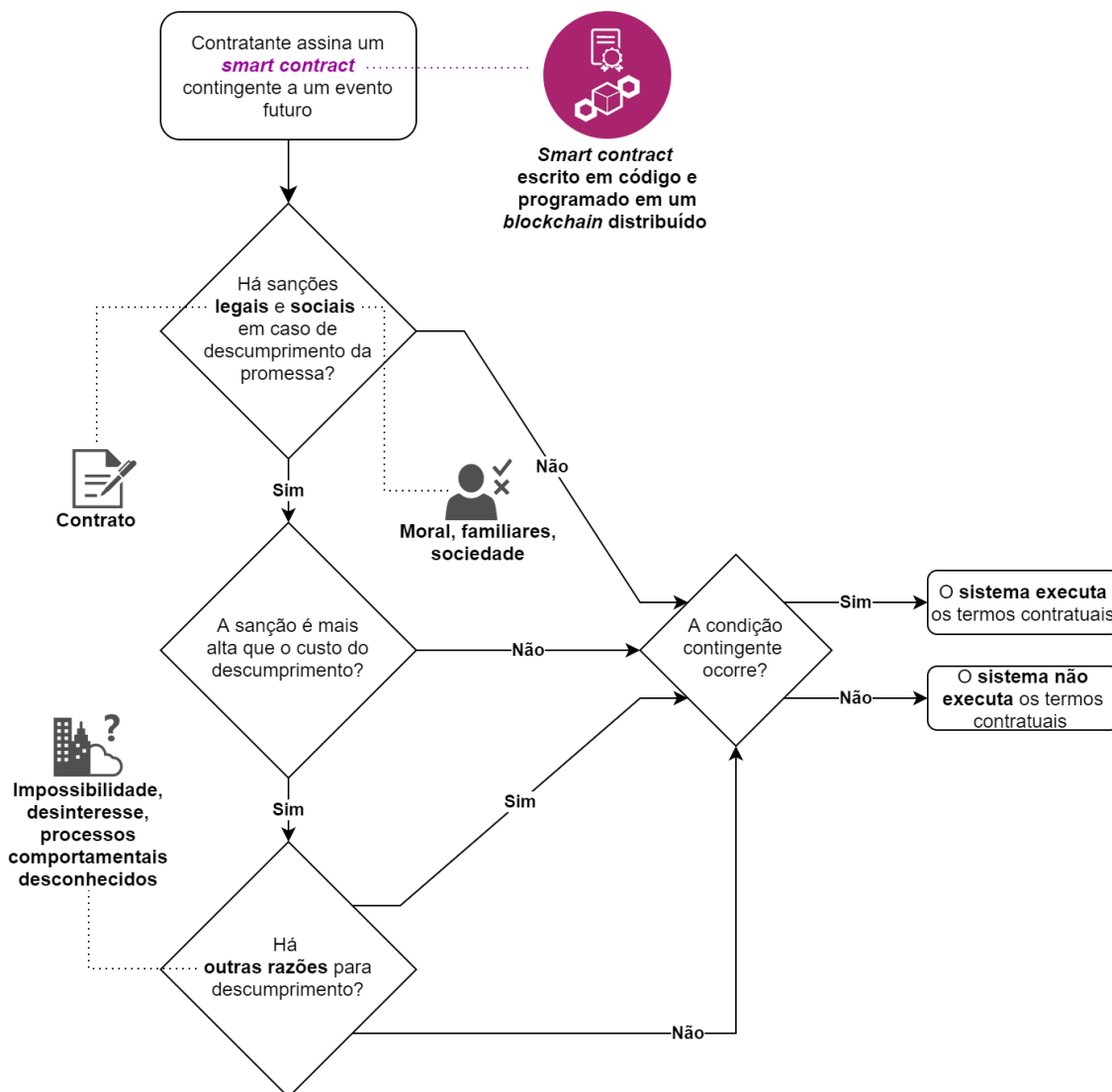
*Fluxograma elaborado pelo autor.*

A simplicidade deste modelo é insuficiente para explicar os complexos comportamentos de contratantes, entretanto, ele é útil sob a perspectiva de identificar as mudanças funcionais esperadas entre contratos tradicionais e *smart contracts*.

Isso porque, embora funcionalmente os *smart contracts* sejam similares aos contratos, como já se argumentou, a operação funcional relacionada ao comportamento das partes contratantes e a execução das promessas é completamente diferente.

De que maneira, então, os *smart contracts* operam de forma diversa, sob a perspectiva de mudança comportamental? Eles simplesmente excluem o comportamento dos contratantes da equação, ao menos após a assinatura do *smart contract*. Se o cumprimento da contrapartida contratual depende apenas do código, e não mais de pessoas, todo o âmbito do aspecto comportamental *ex post* tradicionalmente associado aos contratos deixa de ser relevante, como pode-se ilustrar conforme o diagrama a seguir:

**Imagem 8: Fluxograma de decisões *ex post* do contratante em um *smart contract* (ilustrando a ausência de relevância do comportamento)**



*Fluxograma elaborado pelo autor.*

Identifica-se de pronto, pois, que sob a perspectiva do aspecto econômico-comportamental, a mudança gerada pelos *smart contracts* é substancial. A desnecessidade de confiança por meio da automação total, de certa forma, torna os negócios mais simples, na medida em que eliminam o julgamento humano da equação<sup>67</sup> (SWAN, 2015, p. 17). O comportamento do contratante após a assinatura do contrato passa a ter uma relevância extremamente diminuída e a noção de boa-fé objetiva passa a ser completamente diversa

<sup>67</sup> Claramente, as vantagens vêm associadas a diversos problemas – as disrupções legais e os riscos negociais e jurídicos decorrentes dos fatos identificados acima serão analisadas nos capítulos seguintes desta tese.

da tradicionalmente imaginada no Direito. Os *smart contracts*, sob várias perspectivas, não funcionam da forma como pessoas normalmente usam contratos (LEVY, 2017).

Da mesma forma que os contratos tradicionais, os *smart contracts* fornecem um método potencial para coordenar atividades entre pessoas e grupos de pessoas. Ambos têm possibilidades de resolver a dificuldade de superar o problema da mútua desconfiança quanto ao cumprimento das obrigações pela contraparte. O fato de que as partes têm obrigações diferidas no tempo significa que qualquer delas corre o risco de não ter seu cumprimento contratual correspondido.

Como visto, as partes de um contrato não precisam depender inteiramente umas das outras sob a perspectiva de sanções sociais para que o sistema funcione: elas podem contar com a intervenção estatal (BENTHAM, 1823 [1776]). O direito contratual se baseia na ideia de que, no caso de uma violação, o sistema jurídico oferecerá algum tipo de solução, seja execução específica, seja a resolução em perdas e danos. Os *smart contracts* diferem fundamentalmente dos contratos nesse aspecto ao eliminarem a necessidade de intermediários centralizados, ao menos para o aspecto da mudança comportamental, tornando possível que partes entrem em contratos e os executem sem depender necessariamente da assistência de um Estado.

Analisando, pois, as duas teorias apresentadas – contrato como legalização de promessas e contrato como exercício da liberdade individual de submissão a obrigações jurídicas –, parece, à primeira vista, que o funcionamento dos *smart contracts* estaria alinhado aos fundamentos do direito contratual. Vejamos.

Se adotarmos a visão de contratos como promessas, temos que as obrigações legais usam a ameaça da força das cortes e das sanções para obrigar os contratantes a cumprir suas promessas, reforçando, portanto, o valor do cumprimento dessas promessas. No entanto, a execução judicial em caso de descumprimento é uma técnica complicada de usar e que não garante o cumprimento dos termos contratuais. Teoricamente, um método que garantisse o total e automático cumprimento das promessas, sem violação das liberdades individuais, seria provavelmente mais vantajoso (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 356). Os *smart contracts*, de acordo com essa escola de pensamentos, são semelhantes ao cumprimento do contrato ou à execução específica forçada pelas cortes, mas sem o uso dos mecanismos coercitivos do estado – estes são substituídos pela execução do código. *Smart contracts* estabelecem o fato de que os prometedores cumprirão seus compromissos exatamente como eles disseram, reforçando, portanto, as promessas de forma significativa.

De outro lado, analisando contratos como exercício da liberdade, temos que esta teoria depende da capacidade de informação precisa sobre o que ocorrerá no futuro – a hegemonia da liberdade dependeria, de certa maneira, da capacidade das partes de preverem com precisão as hipóteses e situações futuras, e entenderem umas e outras todas as obrigações contratuais. *Smart contracts* oferecem uma opção de geração de obrigações confiável sobre os resultados futuros em caso de disputa. Uma vez que os termos acordados são alcançados automaticamente, qualquer ambiguidade quanto ao desempenho seria bastante reduzida. O contratante não precisaria mais se preocupar se a obrigação será honrada ou não, eis que, uma vez que o código representa o contrato em si, as disposições são escritas em linguagem formal com termos operacionais exatos, por definição, com uma precisão, *a priori*, maior do que seria o caso com a terminologia de contrato convencional.

Em um *smart contract* que funcione bem, este deve fornecer respostas definitivas às perguntas interpretativas (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 360). Nesta toada, se o direito contratual existe para permitir que as pessoas se sujeitem livremente a obrigações, fornecendo a oportunidade de optar por consequências futuras conhecidas, então os *smart contracts* parecem cumprir este papel. Se o direito contratual é um mecanismo de compromisso, então os *smart contracts* parecem também sê-lo.

Esta aparente consonância dos *smart contracts* com o direito contratual encontra suas primeiras inconsistências quando se parte para a análise da relação contratual após a assinatura do contrato. Para garantir que ambas as partes cumpram seus compromissos e que contratos malformados sejam evitados, o direito contratual deve encontrar um equilíbrio delicado, em que a confiança e a colaboração são mantidas e fortalecidas, com base na confiança, transparência e responsabilidade (CUTTS, 2019, p. 395), características que perdem espaço num mundo de diminuição do âmbito *ex post* do direito contratual.

Ambas as interpretações do direito contratual mencionadas pressupõem um ponto de vista *ex ante*, que se concentra em como o direito contratual impacta os comportamentos das partes contratantes (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 361). Ou seja, o contrato, de acordo com as duas perspectivas, trata de fornecer incentivos para alteração comportamental. Na primeira visão, o direito contratual modifica o pensamento dos contratantes ao aumentar suas responsabilidades morais com requisitos legais proporcionais a esses compromissos, e o direito contratual oferece um fator legal extra a favor do cumprimento das promessas. Na segunda visão, o direito contratual oferece aos

contratantes a opção e capacidade de criar responsabilidades que afetarão as suas considerações futuras e valorizam a liberdade e hegemonia individual. Como resultado, pela imposição de responsabilidade legal prospectiva, o direito contratual gera motivos para cumprir compromissos que não precisam ser consistentes com nosso raciocínio moral.

Qualquer leitor que tenha a compreensão do funcionamento prático do direito contratual e da execução contratual perceberá que um aspecto fundamental da relação contratual está simplesmente ausente da análise até agora realizada: todos os atos relacionados à (i) revisão dos termos contratuais; (ii) rescisão e rescisão de contratos; e, (iii) adjudicação e integração *ex post* de contratos em toda a sua amplitude.

Este aspecto dos contratos está associado não necessariamente ao direito comportamental, mas é inerente à estruturação positiva dos contratos e do próprio direito dos contratos no contexto do direito como sistema independente, por isso merece uma verificação específica quanto às disrupções.

Também não se adentrou ainda nos mecanismos que instrumentalizam os contratos – seus requisitos, sua formação, sua validação, a participação dos contratantes e a exposição clara da sua manifestação de vontade, assunto que se estende pelo direito de forma ampla e detalhada, com longa cronologia jurisprudencial e legal.

Assim, sem embargo da relevância das disrupções associadas ao comportamento dos contratantes, passa-se à verificação dos aspectos jurídicos da formação e instrumentalização dos contratos e a sua comparação com o funcionamento dos *smart contracts* dados os seus elementos jurídicos de formação. Em seguida, nos ocuparemos da análise da intervenção *ex post* do direito contratual nas relações dos contratantes.

## 2.2. Problemas relacionados à formação e instrumentalização dos contratos

No início dos anos 1900, considerava-se na doutrina internacional como exata a seguinte definição de contrato: contrato é uma promessa exigível. Por exigível, entenda-se exequível em uma corte de direito em caso de descumprimento, criando por consequência um direito subjetivo a uma conduta de outra pessoa no futuro (POLLOCK, 1936, p. 1). Em outras palavras, afirmava-se que o contrato é o acordo de vontades que gera obrigações legais (FERNÁNDEZ, 1995, p. 319).

O contrato seria, portanto, uma promessa, ou conjunto de promessas, que em caso de quebra são remediadas por lei, ou que podem ser executadas e reconhecidas como um dever (de uma parte) e direito (da outra), também por lei. A definição deixa claro, pois, que a obrigação de um contratante é baseada na promessa feita pelo próprio contratante (WILLISTON, 1936, p. 1-2) e carece de um órgão julgador imparcial.

A legislação estadunidense acompanhou esta linha ao definir, no §1º do *Restatement (Second) of the Law of Contracts*<sup>68</sup>, o conceito de contrato como “uma promessa ou um conjunto de promessas para cuja violação a lei oferece um remédio, ou cujo cumprimento a lei de alguma forma reconhece como um dever<sup>69</sup>” (AMERICAN LAW INSTITUTE, 1981).

No Brasil, de forma diversa, nunca houve uma definição legal do termo ‘contrato’ (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 43-44), de maneira que sua interpretação e preenchimento de conteúdo muda historicamente e de acordo com o contexto do seu uso, em linha com as expectativas Hartianas atreladas a conceitos jurídicos (HART, 1983, p. 47).

Usualmente, a doutrina brasileira iniciaria a definição de contrato com a análise dos atos jurídicos, fatos jurídicos e negócios jurídicos. Esses conceitos seriam espécie, gênero e família em uma escala genealógica lógico-formal de conceitos sob a ótica do direito (GOMES, 2008, p. 4).

---

<sup>68</sup> O *Restatement (Second) of the Law of Contracts* é um tratado jurídico que se destina a esclarecer para juízes e advogados os princípios gerais do direito consuetudinário contratual. É um dos tratados jurídicos mais conhecidos e frequentemente citados na história do direito estadunidense, com peso de autoridade nas áreas de contratos e transações comerciais, embora não tenha a vinculação que a legislação possui, diferenciando-se, assim, do Código Civil brasileiro.

<sup>69</sup> Tradução livre do original: “A contract is a promise or a set of promises for the breach of which the law gives a remedy, or the performance of which the law in some way recognizes as a duty” (AMERICAN LAW INSTITUTE, 1981).

Fato jurídico seria todo evento natural, ou toda ação ou omissão do homem que cria, modifica ou extingue relações ou situações jurídicas. Ato jurídico poderia ser considerado em sentido amplo, admitindo três espécies, quais sejam: atos jurídicos em sentido estrito, negócios jurídicos e atos ilícitos. Admitindo tal separação, o ato jurídico em sentido estrito seria toda ação lícita, não voltada a fim específico, cujos efeitos jurídicos são produto não da vontade do agente, mas da lei (FIUZA, 2010, p. 5).

O negócio jurídico seria toda ação humana que se volta para a obtenção de efeitos desejados pelo agente, quais sejam criar, modificar ou extinguir relações ou situações jurídicas. A condição da vontade própria combinada com a ideia de livre-arbítrio são, em grande parte dos casos, pilares dessa definição (FIUZA, 2010, p. 7), embora também se afirme que o contrato é negócio jurídico não pela manifestação de vontade, mas “por sua função de autorregulação de interesses” (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 45). Outros autores possuem conceituação diversa e consideram o próprio ato jurídico a manifestação de vontade tendente à criação, modificação ou extinção de uma relação jurídica (AZEVEDO, 2004, p. 23).

Uma conhecida divergência entre a atribuição de exequibilidade a contratos entre sistemas mais próximos do *civil law* e sistemas mais próximos do *common law* é a chamada *consideration*; enquanto nos sistemas de *common law* a existência de contrapartida suficiente na forma da lei é fundamental para a exequibilidade contratual<sup>70</sup>, ordenamentos mais afeitos ao *civil law* tem maior tranquilidade em reconhecer negócios jurídicos inteiramente gratuitos que tornam-se vinculantes, como o exemplo do comodato (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 51). Como a presente tese estuda o direito brasileiro, a ideia estadunidense da *consideration*, que em muitos pontos se afasta da estrutura contratual brasileira, será desconsiderada da análise dos impactos dos *smart contracts*.

Por vezes, o caráter patrimonial da relação jurídica não é incluído na definição contratual (SANTOS, 1975, p. 6) ou a ele é dado tratamento diferenciado e especial (BARROS, 2004, p. 33); em outras, a definição não inclui a necessária conformidade legal para que essa relação jurídica possa ser classificada como um contrato (AZEVEDO, 2004, p. 23).

Os autores mais ligados à constitucionalização do direito civil têm posição explícita no sentido que situações relacionadas aos direitos fundamentais e existenciais

---

<sup>70</sup> Ver o já citado *Hartbarger v. Frank Paxton Co.*, 115 N.M. 665, 1993.



de uma pessoa possuem peso qualitativo e, portanto, tratamento jurídico qualitativamente diverso dos contratos eminentemente patrimoniais (PERLINGIERI, 2008, p. 122). O fato de que a tutela e a negociação dos direitos da personalidade ou, mais especificamente, dos efeitos econômicos dos direitos da personalidade são possíveis não significaria sua sujeição à hegemonia total da liberdade possível conforme as regras do direito contratual (MEIRELES, 2009).

Os conceitos embutidos nas premissas básicas acima colocadas indicam que algumas características contratuais parecem ser dadas pela natureza intrínseca do instituto: a presença de contratantes identificáveis, para que direitos e obrigações possam ser precisamente atribuídos; a utilização de uma linguagem compreensível, para que a liberdade individual seja exercida de forma segura e os direitos e deveres concedidos e cobrados a partir de parâmetros conhecidos; a vedação aos usos ilícitos, para limitação de excessos socialmente indesejados na criação de obrigações legalmente exequíveis; a possibilidade de intervenção de cortes específicas para solução de conflitos e verificação de características ilegais ou inconstitucionais em relações negociais de natureza contratual.

Partindo, portanto, do eixo das três características estruturantes dos contratos – bilateralidade, patrimonialidade e obrigatoriedade (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 53) – têm-se já alguns conceitos que merecem ulterior comparação e verificação de disrupção a partir do funcionamento dos *smart contracts*.

A análise no capítulo anterior teve foco em conceitos de natureza funcional, porque queríamos analisar os pontos de contato e distanciamento funcional entre os *smart contracts* e contratos. Para este momento de assimilação das disrupções da legislação e do ordenamento jurídico contratual, entretanto, acreditamos que a atomização do contrato em seus elementos constitutivos é útil pois permite-nos olhar para o instituto a partir de todos os seus ângulos legalmente relevantes.

Passemos à identificação de disrupções causadas pelos *smart contracts* ao direito contratual dados os elementos constitutivos dos contratos.

### 2.2.1. Contratantes *versus* chaves criptográficas e a questão do anonimato

Na década de 1990, a internet era majoritariamente anônima e os protocolos de comunicação não exigiam que os usuários se identificassem de forma significativa para utilização de aplicativos ou navegação (LESSIG, 2006; TRUCCO, 2004), como ilustrado pela hoje famosa comic de Peter Steiner:

#### Imagem 9: “Na internet, ninguém sabe que você é um cachorro”



*“On the Internet, nobody knows you’re a dog.”*

*Imagem publicada por Peter Steiner no jornal The New Yorker em 5 de julho de 1993.*

A década subsequente foi marcada por uma investida pelas autoridades públicas e empresas privadas por maior capacidade de identificação dos usuários da internet, marcados, ao extremo, pelo amplo programa de vigilância de dados PRISM operado pelas agências americanas NSA e pelo FBI (GELLMAN, 2013) e pelo escândalo da captação ilegal de dados em massa pela Cambridge Analytica (The Great Hack, 2019).

Estes escândalos, associados ao novo paradigma da internet das coisas e comércio de dados pessoais, com a gravação permanente de tudo que os usuários falam e digitam, geraram um contramovimento para proteção dos dados individuais dos usuários de serviços online. Como resultado, viu-se a elaboração de legislação para proteção de dados pessoais digitais, como a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, no Brasil, e a *General Data Protection Regulation*, na Europa, além de significativas decisões judiciais relacionadas ao direito ao anonimato online<sup>71</sup>.

O anonimato, especialmente quando envolve manifestações políticas ou de opinião, pode fundamentar-se em diversas razões, legais e ilegais – temor, criação de uma barreira protetiva social e de intimidade ou afastamento do perigo ou prejulgamento, sendo, quando legal, considerado efetivo direito que deve ser garantido para plena realização da liberdade fundamental (MACHADO e DONEDA, 2020) em um mundo mais e mais regido pela vida *online*. Entretanto, este direito ao anonimato encontra algumas limitações, especialmente para proteção de terceiros e proteção do bem-estar social.

Assim, analisemos: como funciona o processo de identificação das partes em um *smart contract*?

Como explorado, em um *blockchain* público, de acesso aberto e distribuído, todas as informações do *ledger* encontram-se publicamente disponíveis, inclusive as operações realizadas por meio de *smart contracts*, inclusive seus termos e participantes.

Ora, em regra, as pessoas não têm interesse em divulgar publicamente os negócios contratuais por si executados, seja pela própria privacidade, por interesse comercial ou pelos riscos envolvidos. É relativamente fácil chegarmos à conclusão de que nenhum de nós gostaria de ter todo o histórico contratual abertamente disponível, sujeito a devassa por qualquer pessoa na internet. Por este motivo, os *blockchains* em sua maioria programam significativos métodos de proteção ao anonimato dos participantes de suas operações.

Para que um ‘contratante’ exista no *blockchain* para um *smart contract*, isso significa que um mínimo de identificação deve estar passível de associação a um ente permanente, mesmo que a sua identidade não esteja visível para todos os participantes do *blockchain* (DUROVIC e LECH, 2019, p. 505). Assim, as identificações de partes em

---

<sup>71</sup> Ver o julgamento *Sarkar v. Doe* (2016), em que se decidiu que pessoas que expressam suas opiniões de forma anônima na internet não podem ser identificadas ou responsabilizadas simplesmente por expressar opiniões críticas com base em dados públicos.

transações em um *blockchain* são realizadas pelo uso de uma chave pública, como já esclarecido no capítulo que apresentou o *blockchain*, sem a necessidade de revelação da identidade real do agente participante da rede. A maioria dos *softwares* de *blockchain* não requer nenhuma pré-identificação dos usuários (CAPISIZU, 2019, p. 663), com agentes identificados como carteiras digitais nomeadas com chaves de sequências de números e letras aleatórios.

Porque a operação é identificada por carteiras digitais, os sujeitos de um *smart contracts*, assim como os próprios, não são tangíveis, mas cibernéticos. Em verdade, em um *blockchain*, não transacionam pessoas reais, mas chaves criptográficas, que podem, mas não necessariamente precisam, estar associadas a uma pessoa específica. É possível que uma chave criptográfica possua ligação a uma identidade eletrônica persistente associada a uma pessoa real, um pseudônimo, mas também é possível que a chave não apresente qualquer informação sobre uma pessoa real, que operaria de forma integralmente anônima (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 370-371).

Em regra, qualquer pessoa que tenha a chave pública e a senha de acesso terá capacidade de operar aquele usuário no sistema. Assim, tem-se vários cenários possíveis, como uma pessoa ser titular de mais de uma chave pública, várias pessoas terem acesso à mesma chave pública ou uma pessoa transferir sua chave pública para outra simplesmente informando a senha utilizada para o acesso.

Não há limitações fáticas a impedir que crianças que possuem chaves de criptografia privadas (LUESLEY, 2019, p. 163). Portanto, elas poderiam se envolver em *smart contracts*, mesmo que a outra parte contratual não estivesse ciente de sua existência no momento da formação do contrato.

Dado que todos os participantes de um *ledger* distribuído têm acesso a todos os dados do *blockchain*, inclusive as transações, seu conteúdo e os dados das partes envolvidas, foram desenvolvidas soluções tecnológicas que oferecem alternativas para maior segurança em relação aos problemas associados à divulgação ampla dos dados pessoais dos participantes e dos termos dos negócios.

A título de exemplo, tem-se as “provas de zero conhecimento” (“*zero knowledge proofs*”), que ocultam as chaves criptográficas dos contratantes e os valores sendo transferidos, permitindo assim a confirmação e validação de dados e transferências sem revelar mais informações do que o estritamente necessário (MORAIS, KOENS, *et al.*, 2019, p. 1). As provas de zero conhecimento ajudam a proteger as partes em *blockchains* distribuídos a não serem identificados a partir de algoritmos heurísticos (MEIKLEJOHN,

POMAROLE, *et al.*, 2016) – ou seja, dificultam a associação de uma chave criptográfica a uma pessoa real.

Outra técnica utilizada são os *state channels* – uma tecnologia em que parte das transações entre participantes são executadas e gravadas fora do *blockchain*, e uma referência reduzida da operação é gerada e incluída no *blockchain* após a conclusão de sucesso da transação (DZIEMBOWSKI, FAUST e HOSTÁKOVÁ, 2018, p. 949). Muito embora esta tecnologia tenha como objetivo excluir informações do *blockchain* para dar maior privacidade às transações, pode-se imaginar uma solução em que as partes envolvidas tenham acesso a dados específicos da transação, inclusive a identidade de uma e outra, com o objetivo de cumprir requisitos legais de identificação para permitir posterior judicialização dos negócios.

Adicionalmente, sempre se tem a opção de criptografar todos os dados – esta opção, entretanto, está sujeita a problemas de escalabilidade e vulnerabilidades como ataques de força bruta e identificação de similaridades e frequências de operação (SMOLENSKI, 2017).

Muito embora teoricamente seja possível a contratação de um terceiro confiável para verificar a identidade dos participantes de um *blockchain*, na prática esta situação é incomum, porque (i) mitiga a distribuição da confiança da informação desejada em livros-razão distribuídos ao centralizar o processo de verificação de identidade; e, (ii) reduz a privacidade das partes envolvidas na negociação, um dos aspectos valorizados pela comunidade envolvida no desenvolvimento e utilização do *blockchain*.

Todas estas técnicas, inobstante, enquanto solucionam o problema de privacidade dos contratantes no contexto de um *blockchain* público e distribuído, dificultam significativamente a solução de problemas jurídicos relacionados à necessidade de identificação de parte e contraparte.

Assim, a disrupção aqui identificada alcança dois pontos fundamentais da estrutura jurídico contratual: em primeiro lugar, a impossibilidade de verificação da capacidade dos contratos; mais importante, em segundo lugar, sérios riscos legais relacionados ao abuso do anonimato, já que uma parte pode firmar um *smart contract* com uma contraparte desconhecida e identificada exclusivamente por sua chave pública.

As normas contratuais mundiais – e, no caso do Brasil, o art. 104, I, do Código Civil – costumam trazer regras muito diretas para verificação da qualidade de eventuais contratantes, invariavelmente criando restrições conceituais associadas a um agente ‘capaz’ e ‘incapaz’ de realizar negócios jurídicos válidos. No Brasil, o art. 1º do Código

Civil explica que toda pessoa é capaz de direitos e deveres na ordem civil, mas o art. 3º exclui, como absolutamente incapazes de exercer pessoalmente os atos da vida civil, os menores de 16 (dezesesseis anos). Por sua vez, o art. 4º trata dos relativamente incapazes – os maiores de dezesseis e menores de dezoito anos, os ébrios habituais e os viciados em tóxico, os pródigos e aqueles que, por causa transitória ou permanente, não puderem exprimir sua vontade.

A questão da capacidade é um ponto relativamente simples para a atribuição de exequibilidade a negócios jurídicos – temos que a higidez do consenso depende da legalidade da formação da manifestação da vontade, e esta encontra-se diretamente relacionada à supracitada capacidade. Caso se verifique que uma transação foi realizada com parte incapaz, houve violação de condição subjetiva de ordem geral para a validade do contrato (GONÇALVES, 2020, p. 44), que poderá ser nulo, conforme art. 166, I, do Código Civil, se a parte for incapaz, ou anulável, conforme art. 171, I, em caso de incapacidade relativa.

Obviamente, a verificação da capacidade depende da prévia possibilidade de identificação do contratante.

Viu-se que não apenas existe o risco de que um *smart contract* seja firmado com um agente incapaz, como é possível que não se consiga, de forma absoluta, identificar a outra parte no contrato, o que inviabilizaria soluções de intervenção judicial *ex post* mesmo para o propósito de indenização. A descoberta de que o contratante é uma criança, por exemplo, permitiria a responsabilização dos pais ou tutores pelo ato em caso de necessidade de revisão judicial da execução contratual, conforme expressa permissão legal do art. 932, I e II, do Código Civil, mas se a verificação da identidade da contraparte é impossível, então a posterior tentativa de responsabilização judicial seria, também, inviável.

Tecnicamente, no direito brasileiro, não existe uma exigência incontornável de que se conheça, de forma absolutamente precisa, a identidade da parte com a qual se contrata, ao menos até certo ponto temporal no contrato. Dois exemplos principais podem ser apresentados: (i) o contrato com pessoa a declarar, previsto nos arts. 467 a 471 do Código Civil, em que o contratante tem cinco dias para declarar a pessoa que adquirirá os direitos e obrigações decorrentes do contrato – ou seja, no momento da conclusão do contrato uma das partes não conhece a identidade real do outro contratante. Apesar de críticas doutrinárias, o instituto tem usos legítimos em hipóteses em que o conhecimento do contratante pode ter efeitos negativos na negociação (GOMES, 1994, p. 44); e, (ii) a

oferta ao público prevista no art. 429 do Código Civil, em que se dá equivalência desta a uma proposta vinculante com capacidade de formar contrato, ainda que o ofertante não conheça a identidade da contraparte no momento da realização da oferta. Este tipo de oferta é possível e vinculante também historicamente no *common law*<sup>72</sup>.

Em ambos os casos, entretanto, eventualmente as partes deverão ser reveladas de forma precisa, e o motivo para tanto é a necessidade legal de que seja possível a responsabilização de um dos contratantes pela sua contraparte. Em regra, esta identificação está ausente dos *smart contracts*, o que nos parece ser uma incompatibilidade significativa com o funcionamento do sistema jurídico e as expectativas e garantias do direito contratual.

Retomando o ponto do direito ao anonimato, importa apontar que limitações a este direito serão legítimas em todas as hipóteses em que necessárias para proteção de direitos fundamentais de terceiros, ou proteção do interesse público, sempre observando parâmetros razoáveis de proporcionalidade (MACHADO e DONEDA, 2020).

O uso de *smart contracts* poderia ser enquadrado nessas limitações? Sob o quesito do interesse público e o necessário combate a atividades criminosas, esta parece ser uma resposta afirmativa fácil, o que analisaremos em capítulo específico. Sob uma ordem eminentemente civil, a resposta torna-se um pouco menos óbvia, mas ainda assim tendemos a acreditar que o anonimato absoluto é incompatível com a assunção de obrigações com impacto na criação de direitos em formato contratual, que precisa estar sujeito à revisão judicial por decreto constitucional, sob risco de ilegal violação do direito de terceiros.

Em contratos envolvendo desequilíbrio de forças ou hipossuficiência de qualquer natureza – contratos de adesão, contratos de consumo, contratos de trabalho – parece-nos que a necessidade de identificação dos contratantes é obrigatória. Parece certo que o anonimato, na hipótese, tenderá a beneficiar a parte que tem maior controle sobre o processo, sobre a linguagem, sobre o instrumento e sobre os termos contratuais, e a impossibilidade de identificação dos contratantes simplesmente resultaria em abuso ilegítimo do contratante mais fraco.

Por outro lado, ainda em um contexto de contrato sem hipossuficiência em um dos polos – pensemos em um negócio empresarial envolvendo duas grandes empresas –, a absoluta impossibilidade de identificação da contraparte parece inviabilizar, de forma

---

<sup>72</sup> Ver o julgamento do caso *Carlill*, de 1892 a 1893 (*Carlill v Carbolic Smoke Ball Co*, 1 QB 256, 1893).

plena, a futura impugnação judicial dos termos ou da execução contratual, o que viola o direito de petição e acesso ao judiciário, bem como desproporcionalmente torna os contratantes imune à responsabilização por qualquer ato doloso ou culposos. Este fato, em si, causa significativa disrupção e provavelmente requer soluções *de lege ferenda*.

Apesar do obstáculo associado ao anonimato, a existência dos *smart contracts* que geram a criação, modificação e extinção de obrigações e compromissos é inafastável, motivo pelo qual os riscos identificados requerem busca de soluções técnicas e jurídicas para seu alívio.

Uma das hipóteses para solução deste dilema é justamente a utilização de *blockchains* que permitam a identificação das partes, no próprio *ledger* ou por meio de técnicas paralelas. Podemos pensar em inúmeras hipóteses em que a pública identificação das partes é desejada em negócios jurídicos; dê-se três exemplos.

Em primeiro lugar, contratos envolvendo entes públicos, executados com fundos públicos – estes contratos já são publicizados em todos os seus termos. A legislação associada ao tema exige que os contratos e o processo de contratação com entes públicos ocorram de forma aberta e pública, sendo que podemos identificar fundamentação constitucional (art. 37) para o princípio da transparência administrativa. Um exemplo bastante visível é a página de contratos do Portal da Transparência do Governo Federal<sup>73</sup>, decorrente principalmente da Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal, Decreto nº 8.777/2016. Para este tipo de contrato, a gravação dos dados em *blockchains* públicos sem anonimização seria verdadeiramente vantajosa, pois auxiliaria na garantia da transparência contratual em negócios públicos.

Como segundo exemplo, podemos pensar em todas as situações em que o contrato envolva negócio jurídico com substrato de direito real que se beneficie de maior garantia de oponibilidade a terceiros, ou seja, qualquer contrato privado que tenha publicidade desejada ou legalmente exigida por meio de registro em cartório. Nesse caso, garantias reais, alienações fiduciárias ou aquisição de bens imóveis, por exemplo, já têm publicidade pelo registro em cartório, de maneira que sua inclusão em um *ledger* público poderia ser considerado, também, oportuna, pois aumentaria a exposição e garantia, sem vulnerar a privacidade, já flexibilizada na hipótese.

Finalmente, podemos imaginar como útil a publicização de dados em negócios jurídicos públicos firmados entre empresas listadas em bolsas de valores que tenham

---

<sup>73</sup> Disponível em <https://www.portaltransparencia.gov.br/contratos>



exigência legal de informação aos investidores, ou cuja publicização seja do interesse dos gestores e benefício dos investidores. Também nesta hipótese a contratação com a utilização de um *ledger* público sem proteção dos dados pode ser vista como uma vantagem, e não uma exposição desnecessária.

Para implementação dos três exemplos acima, seria necessário que se escolhesse um *blockchain* desenvolvido justamente com a possibilidade de não anonimização dos dados dos participantes e, neste caso, os problemas relacionados à capacidade e identificação dos contratantes seriam automaticamente superados, podendo os participantes contar com a característica de abertura e distribuição do *ledger* como um fator positivo para a execução do negócio jurídico.

Muito embora os exemplos acima sejam interessantes, eles não solucionam os problemas do anonimato na outra maioria dos *blockchains* que operam com inúmeras técnicas de anonimização dos participantes.

O direito contratual opera sob a premissa teórica de que um contrato é firmado por pessoas reais, partes com data de nascimento ou data de constituição, não por chaves criptográficas não necessariamente associadas a uma só pessoa. O anonimato parece-nos um obstáculo de muito difícil superação, e mesmo o uso de pseudônimo, na forma de uma espécie de identidade *blockchain* permanente, certamente criaria um obstáculo para a possibilidade de discussão judicial *ex post* do *smart contract*.

Vale ponderar também a seguinte indagação: em quais hipóteses a realização de um negócio jurídico entre anônimos seria mais desejada do que aquele entre pessoas conhecidas? Uma primeira e óbvia resposta parece ser a utilização para alcance de fins ilegais, o que é e deve ser vedado pelo ordenamento. Outra possibilidade é de que pode ser conveniente o anonimato, por constrangimento ou perigo social. Nesta circunstância, há de se perguntar em quais hipóteses o constrangimento ou perigo sobrepõem-se aos riscos da impossibilidade de conhecimento da contraparte contratual, e, especialmente, se não está havendo uma vulneração adicional de uma parte já hipossuficiente (e, conseqüentemente, um aproveitamento ilícito pela contraparte) na execução deste *smart contract*.

Talvez uma visão mais liberal dentre as fundamentações do direito contratual justifique um direito fundamental de qualquer cidadão de se subordinar a regras contratuais de forma anônima, e em oposição a uma contraparte anônima. Ainda assim, parece-nos que, no mínimo, a utilização de tecnologias – como *state channels* – que

permita a identificação das partes de forma externa ao *ledger* público é exigível em contextos envolvendo partes potencialmente hipossuficientes.

Está a se propor que o anonimato, para que seja juridicamente legítimo nos *smart contracts*, seja em regra um anonimato rastreável (MACHADO e DONEDA, 2020, p. 112). Em outras palavras, na hipótese de necessidade de controle judicial das ações dos participantes, o ofensor é identificado por um ente com acesso e poder para fazê-lo no contexto do sistema.

No campo da segurança e privacidade, tecnicamente, o anonimato depende de duas condições necessárias: que uma ação anônima não seja vinculável à identidade do ator e que duas ações anônimas executadas pelo mesmo ator não sejam vinculáveis uma à outra (CLARK, GAUVIN e ADAMS, 2009, p. 400). Neste caso, o anonimato não é rastreável, sendo este o tipo de anonimato existente nos *blockchains* que adotam as ferramentas mais robustas de proteção da identidade dos usuários.

Geralmente, o direito ao anonimato não rastreável é associado ao exercício da liberdade de expressão e manifestação de dissenso político ou ideias não ortodoxas, excluídos discurso de ódio e outras manifestações criminosas (MACHADO e DONEDA, 2020, p. 116). Diversamente, quando este é utilizado no contexto da realização de ações abusivas está-se diante de um uso ilegal do direito ao anonimato. Assim, a utilização do anonimato não rastreável em contexto contratual que, ainda que culposamente, impeça uma responsabilização legal, não merece cobertura de legalidade – isso porque em *smart contracts* sempre existe a possibilidade de que parte ou contraparte vejam-se violados pelas ações do polo contrário; o terceiro potencialmente vítima de dano sempre existirá.

Acrescentemos que o anonimato é muitas vezes enxergado como um sério risco pelos governos nacionais, como se verifica na Diretiva 2015/849 da União Europeia (norma voltada ao combate de lavagem de dinheiro com a utilização de criptoativos, também chamada de 5ª Diretiva de Combate à Lavagem de Dinheiro) no sentido de criar e manter uma base de dados central de registo das identidades dos utilizadores e dos endereços de carteiras digitais, assim como formulários obrigatórios de autodeclaração para preenchimento pelos utilizadores de ativos virtuais.

Exploraremos nos próximos capítulos a possibilidade de regulação de *smart contracts* por meio do foco na identificação e atribuição de responsabilidade ao operador da plataforma blockchain, aos *marketplaces* ou às corretoras de carteiras virtuais, que, na prática, agem como intermediários na contratação de *smart contracts*. Esta parece ser uma das formas básicas de mitigação também dos riscos do anonimato para os contratantes

em *smart contracts* (O'SHIELDS, 2017, p. 191), mas não necessariamente estará disponível em todos os casos, tendo em vista que os *smart contracts*, por design, tem a possibilidade de operar integralmente sem intermediários.

Por todos os motivos expostos, em nossa visão, parece ser razoável afirmar, tentativamente, reconhecendo a possibilidade de desenvolvimento e mutação, que o *smart contract* firmado em *blockchain* que permita a anonimização não rastreável dos contratantes, na ausência de intermediários a serem responsabilizados, vai de encontro à estruturação legal e constitucional ao ponto de se tornar um negócio jurídico ilegal, notadamente nas hipóteses em que o contrato contenha algum aspecto subjetivo de divergência de forças, pois absolutamente insindicável em decorrência do anonimato.

### 2.2.1. Linguagem formal e falta de compreensão e flexibilidade

Com relação à análise acerca da disrupção gerada pelos *smart contract* no que toca à forma e instrumento, indiquemos que o fato de se tratar de um contrato executado em formato eletrônico não é fundamentalmente relevante, por dois motivos: primeiramente, porque os contratos eletrônicos já existem de forma independente, são uma realidade na vida social e no direito brasileiro e, como consequência, já são bem estudados e analisados; mais importante, entretanto, porque a execução na forma eletrônica não é um dos componentes essenciais que diferenciam os *smart contracts*, mas sim a automatização da execução.

Sob a perspectiva da forma e do instrumento os pontos essenciais e disruptivos são (i) a escrita em linguagem formal, em contraposição à linguagem natural e (ii) a instrumentalização por meio de plataforma *blockchain*<sup>74</sup> para viabilização da automatização da execução.

De acordo com Grimmelmann (2019, p. 5), três principais desafios relacionados com a linguagem natural e as instituições sociais levaram à mudança para a automação. Essas dificuldades são as seguintes: em primeiro lugar, a ambiguidade, que é a preocupação de que, uma vez que os contratos legais são redigidos em linguagem natural, eles serão interpretados de forma diferente por várias partes e por diferentes tribunais. A segunda é a corrupção, que é a preocupação de que legisladores e juízes humanos, que interpretam e executam contratos legais, possam cometer erros, decidir de forma diversa ao combinado ou cometerem atos ilegais dolosas. Uma terceira preocupação é a execução – a ideia de que as partes seriam capazes de contornar uma decisão judicial se afastando da jurisdição, atrasando a execução da sentença, usando a força física, ocultando bens ou não possuindo quaisquer bens.

Em teoria, o uso da linguagem formal seria capaz de mitigar ou reduzir os riscos relacionados ao primeiro desafio, e a tecnologia *blockchain* seria capaz de suplantar parte dos problemas indicados no segundo e terceiro desafios. Analisemos estes pontos, começando com a linguagem e, em seguida, passaremos aos riscos técnicos do instrumento.

---

<sup>74</sup> Muito embora reconheça-se a possibilidade de operacionalização de *smart contracts* por outros tipos de tecnologias ou plataformas ainda não inventados, este trabalho se ocupará de analisar, no quesito instrumentalização, a única plataforma existente capaz de executar os *smart contracts* como originalmente imaginados por Szabo, o *blockchain*.

Linguagem natural é aquela utilizada por seres humanos para se comunicarem entre si – como o português, o inglês, o alemão ou o francês (GRIMMELMANN, 2019, p. 4), e normalmente incluem um aspecto verbal e outro escrito. As linguagens naturais podem crescer, evoluir e mudar livremente com o tempo, ou serem produzidas com um propósito específico, como o esperanto.

Linguagens formais, de outro lado, são linguagens que consistem em comandos voltados a objetivos específicos, sendo independentes das linguagens naturais e universais em seus campos – por exemplo, a linguagem da matemática, a lógica formal ou as diferentes linguagens de programação em computadores. Outro exemplo comum utilizado mundialmente são as normas internacionais de contabilidade (*International Financial Reporting Standards*). Linguagens formais, assim como linguagens naturais, possuem seus próprios vocabulário e regras de formação<sup>75</sup>.

Um contrato tradicional cria obrigações jurídicas com base em instrumentos formados em linguagem natural. Dada a existência dos contratos verbais, é possível que não haja um instrumento representativo do contrato, mas a sua existência, nesse caso, depende também de linguagem natural transmitida oralmente entre as partes. Mesmo em situações de contratos firmados pelo contexto dos usos de uma região – por exemplo, uma marcação em um boi que indica sua venda para o dono daquela marca –, estes contratos estão lastreados em uma comunicação e uma história de origem em linguagem natural.

Veja-se que a inclusão de linguagem formal para indicação de parâmetros específicos dentro de um contrato é extremamente comum – o cálculo de juros remuneratórios em um financiamento, as regras para a conversão de câmbio entre moedas ou os cálculos de multas em caso de mora ou descumprimento todos podem ser expressos no formato de linguagem formal matemática, integrados a um contrato escrito em linguagem natural e utilizados para calcular as obrigações das partes.

Obrigações, por sua vez, podem ser técnicas ou legais. Uma obrigação técnica é aquela que é aplicada imediatamente por um sistema que executa a conduta programada *ex ante*, em vez de sancionar o descumprimento *ex post*. Um *smart contract* é uma obrigação técnica escrita em linguagem formal (GRIMMELMANN, 2019, p. 4).

O presente trabalho está sendo escrito em um momento em que as máquinas ainda não são capazes de ler e interpretar claramente as nuances da linguagem natural, motivo pelo qual a linguagem formal é hoje pré-requisito para a existência de um *smart contract*.

---

<sup>75</sup> Para um exemplo utilizando a linguagem formal matemática, ver Kleene (1971, p. 69-86).

A linguagem formal de código traz diferenças significativas em relação à linguagem de um contrato tradicional. Em um contrato tradicional, sempre há declarações promissórias do tipo “o comprador compromete-se a realizar o pagamento no prazo de trinta dias”, em relação às quais as partes manifestam sua concordância. Um *smart contract*, de outro lado, não se parece em nada com este formato<sup>76</sup>.

---

<sup>76</sup> Para que o leitor possa se não compreender, ao menos visualizar, exemplifica-se com um *smart contract* escrito em linguagem Solidity, para execução no *blockchain* Ethereum, de um leilão do tipo holandês, ou antileilão, em que o vendedor de um token digital não fungível determina o preço do mesmo e o leilão dura por sete dias. O preço do token diminui com o tempo, e os participantes podem comprar por meio do depósito de um valor maior do que o valor mínimo a qualquer dado momento. O leilão acaba com a expiração do prazo de sete dias sem a aquisição do token ou no momento em que algum participante compra o token:

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.3;
interface IERC721 {
    function transferFrom(
        address _from,
        address _to,
        uint _nftId
    ) external;
}
contract AntiLeilao {
    event Buy(address winner, uint amount);
    IERC721 public immutable nft;
    uint public immutable nftId;
    address payable public seller;
    uint public startingPrice;
    uint public startAt;
    uint public expiresAt;
    uint public priceDeductionRate;
    address public winner;
    constructor(
        uint _startingPrice,
        uint _priceDeductionRate,
        address _nft,
        uint _nftId
    ) {
        seller = payable(msg.sender);
        startingPrice = _startingPrice;
        startAt = block.timestamp;
        expiresAt = block.timestamp + 7 days;
        priceDeductionRate = _priceDeductionRate;

        nft = IERC721(_nft);
        nftId = _nftId;
    }

    function buy() external payable {
        require(block.timestamp < expiresAt, "auction expired");
        require(winner == address(0), "auction finished");
        uint timeElapsed = block.timestamp - startAt;
        uint deduction = priceDeductionRate * timeElapsed;
        uint price = startingPrice - deduction;
        require(msg.value >= price, "ETH < price");
```

A linguagem natural possui uma característica importante que a linguagem formal é incapaz de reproduzir: a capacidade de apresentações de conceitos abertos ou indefinidos. Com a linguagem natural, as partes em um contrato podem encontrar um meio-termo usando padrões (*standards*) e outras obrigações baseadas em conceitos abertos, como melhores esforços, boa-fé e justa causa. O código, por sua vez, carece da profundidade interpretativa da linguagem natural (SKLAROFF, 2017, p. 303).

*Standards* são úteis quando as partes são incapazes de definir termos exatos, de acordo com obrigações claramente definidas, seja porque não conseguem identificar todas as condições futuras incertas, seja porque são incapazes de caracterizar adaptações complexas adequadamente ainda que as características inerentes possam ser antecipadas (GOETZ e SCOTT, 1981, p. 1091). Estamos diante de um balanceamento de alocação dos riscos: regras específicas beneficiam análise *ex ante*, termos abertos e padrões prestigiam uma avaliação *ex post* pelas cortes.

Conceitos abertos também podem ajudar a reduzir o custo das negociações e etapas pré-contratuais, pois permitem que as partes utilizem padrões comumente utilizados em suas respectivas áreas de negócios sem ter que articular de forma exata ou negociar precisamente esses termos. A alocação de risco por padrões costumeiros em áreas específicas de negócios é aceita pelas partes da transação porque tende a produzir o mesmo resultado de uma alocação explícita das regras, sem o custo negocial para tanto (GILLETTE, 2000, p. 1438).

Permitir que as partes negociem sem especificar antecipadamente o exato cumprimento contratual aceitável é uma espécie de ‘flexibilidade semântica’ (SKLAROFF, 2017, p. 281) – a razoabilidade no contexto da transação comercial pode ser usada pelas partes para aproximar seus objetivos negociais com o uso de *standards* fundamentados no contexto do negócio, em contraposição a tentar definir exatamente todos os níveis de cumprimento contratual.

Muitas vezes este atributo é visto com desconfiança – a existência de conceitos abertos permitiria uma intervenção estatal indesejada. De outro lado, esta qualidade permite maior flexibilidade para lidar com as intempéries da aleatoriedade da vida após

---

```
winner = msg.sender;
nft.transferFrom(seller, msg.sender, nftId);
seller.transfer(msg.value);
emit Buy(msg.sender, msg.value);
}
}
```

a contratação: justas causas, forças maiores e situações inesperadas podem justificar uma revisão dos termos contratuais, e este tipo de linguagem permite que o contrato tenha elasticidade sem necessariamente impactar sua execução. Como será visto mais à frente, em certos tipos de contratos, como aqueles de consumo, a possibilidade de revisão dos termos ou de renegociação após a assinatura são esperados pelos contratantes.

A ação judicial *ex post* é um risco para os padrões e conceitos abertos, mas as partes podem mitigar esse risco utilizando mecanismos contratuais para definir um escopo interpretativo adaptado à prática do setor e às especificidades da transação. Em outras palavras, os riscos associados à utilização de conceitos abertos e indeterminados, de que tribunais poderiam ter liberdade exagerada nas suas interpretações, são mitigados pela consideração do contexto da transação negocial – tipos de parte, hipossuficiência, expectativas expressadas no próprio contrato – *vis-à-vis* a jurisprudência aplicada em casos semelhantes.

A dogmática jurídica permite decidir casos não de maneira isolada, mas relacionados com uma série de casos já decididos e ainda por decidir. Aumenta, por isso, o grau de eficácia da segurança jurídica e a utilidade de conceitos abertos. O uso de um sistema jurídico contratual baseado padrões (*standards*) em contraposição a regras contratuais privilegia o juiz como interpretador e pode ser, mesmo no Brasil (NÓBREGA, 2012), uma das formas mais eficientes de alocação de custos em negócios jurídicos.

A flexibilidade e discricção humana no processo contratual interpretativo, tanto anterior como posterior à assinatura, é uma característica definidora do direito contratual, entretanto, o código que pode ser lido por computadores, em linguagem formal, é necessário para *smart contracts*. Como resultado, estes só podem abranger tópicos e atividades claramente definidos.

Usando uma linguagem de programação, um *smart contract* para abrir a porta de um hotel alugado mediante a apresentação de uma determinada chave criptográfica pode programado de forma relativamente simples, uma vez que o endereço de rede da fechadura da porta, a chave solicitada e a ação a ser realizada podem ser precisamente identificados. Algumas palavras e termos tradicionalmente usados em contratos, por outro lado, não podem ser representados na lógica formal, pois envolvem necessariamente análise subjetiva e, portanto, humana: um computador não pode determinar com precisão se uma parte exerceu ou não melhores esforços, ou se um fato externo configura ou não justa causa ou força maior.



Legalmente, o art. 104, inciso III, do Código Civil, parece constituir permissivo legal para a escrita de um contrato que utiliza a linguagem formal, pela ausência de proibição específica, mas certamente que a potencial autorização tácita não é suficiente para superar as dificuldades daí decorrentes.

Um primeiro problema e manifesto obstáculo diz respeito à compreensão da linguagem. Estudiosos do tema sob a perspectiva do Direito, normalmente partindo de uma compreensão da enormidade e tecnicidade do trabalho de elaborar um contrato complexo, preocupam-se significativamente com os riscos de erros e novos custos de transação que surgem com a inclusão de uma nova linguagem (FALEIROS JÚNIOR e ROTH, 2019, p. 50), com suas próprias variabilidades, necessidade de conhecimento específico e até subjetividade, como se verá.

Este obstáculo pode começar a ser solucionado com a contratação de especialistas no assunto, de confiança – como advogados com treinamento em programação, “engenheiros jurídicos” (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 375) especializados na construção de negócios jurídicos fundamentados em *smart contracts*.

O problema é, de certa forma, similar à execução de um contrato com uma contraparte que não fala a mesma língua que o contratante, em que um intérprete pode auxiliar que as partes cheguem a um acordo e compreendam umas às outras quanto às suas intenções. Obviamente, a inclusão de mais um intermediário no processo de geração de consenso, por si só, traz novos riscos e complicações para a realização de contratos bem-sucedidos.

Os desenvolvimentos no campo denominado ‘processamento de linguagem natural’, partindo dos sistemas simbólicos (SEARLE, 1980) e estatísticos (MARCUS, 1994) e chegando até, especialmente, os sistemas baseados em inteligência artificial e redes neurais profundas (YOAV, 20116), tendem a indicar que a possibilidade de um *smart contract* eventualmente elaborado com linguagem natural é uma inevitabilidade, embora uma inevitabilidade que ainda se encontra a muitos anos de distância.

É possível imaginar um *smart contract* que tenha similaridade aos contratos do tipo *per relationem*: contratos em que há referência a conteúdo alheio ao teor do instrumento contratual, mas que o integra por força da expressa indicação em contrato, como, por exemplo, a determinação de preço com base em fixação em critério de bolsa ou mercado (AZEVEDO, 2007, p. 137). No caso, um contrato em linguagem natural poderia referenciar a execução em código. Entretanto, essa uniformidade entre linguagem natural e formal inexistente dadas as capacidades tecnológicas contemporâneas, o que leva

à ideia da criação de alguma espécie de *interface* para tradução da linguagem formal à natural e vice-versa.

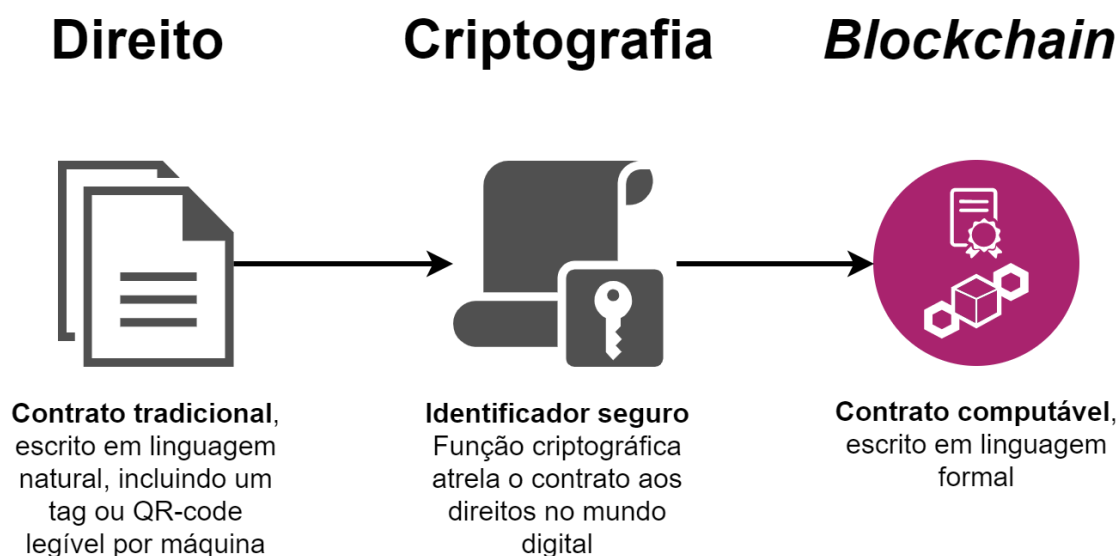
Dessa forma, o problema seria resolvido não com o desenvolvimento de habilidades específicas por uma classe de profissionais, mas por meio da criação de ferramentas que poderiam suplantam esta lacuna de conhecimento (NG, 2017, p. 2). Sobre o assunto, Ian Grigg desenvolveu a ideia e cunhou o termo “*ricardian contract*<sup>77</sup>”: instrumentos jurídicos escritos em linguagem natural que seriam ligados, de forma segura, utilizando criptografia, a instrumentos escritos em linguagem formal e processável por computadores (GRIGG, 2004, p. 26). Em 1996 – ou seja, antes da formulação da ideia contemporânea dos *smart contracts*, mas muitos anos após a existência dos contratos computáveis, Grigg já havia colocado seus *ricardian contracts* em prática com sucesso, embora todos os exemplos relacionem-se a negócios relativamente simples e diretos de transação envolvendo propriedades digitais.

A proposta de Grigg é interessante na medida em que traz à luz uma possibilidade intermediária entre a capacidade de sistemas eletrônicos de processar de forma precisa a linguagem natural e as dificuldades de compreensão decorrentes da complexidade técnica das linguagens formais de programação: a criação de dois instrumentos, equivalentes, um em linguagem natural para negociação e compreensão pelas partes e um em linguagem formal para execução no *blockchain*, conforme ilustração anexa:

---

<sup>77</sup> O nome foi uma homenagem ao economista britânico David Ricardo.

**Imagem 10: Estrutura de um *ricardian contract***



*Imagem elaborada pelo autor a partir dos modelos propostos por Ian Grigg (2004)*

Este tipo de solução traz duas problemáticas adicionais: a manutenção da impossibilidade de codificação de termos com significado aberto e conflitos ou divergência entre o contrato em linguagem natural e o contrato em linguagem formal. Quanto aos conflitos entre as duas versões, a única solução é a escolha de uma versão precedente em relação à outra, técnica comumente utilizada em contratos em duas colunas escritos em duas diferentes línguas naturais.

A escolha da precedência traz duas situações: ou o contrato no *blockchain* é precedente, e o contrato em linguagem natural é apenas referência ou auxílio não-vinculante para compreensão das partes, ou o contrato em linguagem natural é precedente, e em caso de conflito seria possível realizar revisão *ex post* na forma de indenização (dada a impossibilidade, em regra, de intervenção *ex ante*).

Grimmelmann (2019) sugere o uso dos termos *smart contracts* empacotados (“*wrapped*”) e puros (“*pure*”), em que um *smart contract* empacotado seria aquele governado por um contrato em linguagem natural, sendo o código apenas parte do negócio, enquanto os *smart contracts* puros seriam inteiramente elaborados em código. *Smart contracts* puros, para outros doutrinadores, seriam o código que inclui todos os elementos de consenso em relação ao negócio jurídico e independe de qualquer documento em linguagem natural (DUROVIC e LECH, 2019). Acrescentamos que, em nossa visão, os *smart contracts* puros poderiam ter um contrato em linguagem natural o

apoiando, desde que este não seja vinculativo – se o instrumento vinculativo for um contrato escrito em linguagem natural, estamos diante de um contrato tradicional.

Um ponto que não pode passar sem análise é a diferenciação entre a possibilidade de elaboração de *smart contracts* utilizando linguagem natural para execução em código e a capacidade de um sistema eletrônico embutir intencionalidade suficiente para compreender, medir, analisar e tomar decisões como um ser humano. Searle (1980, 1999) demonstrou<sup>78</sup> que a possibilidade de que máquinas consigam aparentemente entender linguagens não resulta na capacidade das mesmas de fazê-lo com compreensão intencional, eis que a sintaxe, por si só, não seria constitutiva nem suficiente para o conteúdo semântico. Por sua vez, a ausência de compreensão consciente resultaria, no tocante à análise ora sendo realizada, na impossibilidade, ainda que futura, de concessão a uma justiça das máquinas fundamentada em inteligência artificial.

Embora não ofereça uma solução definitiva, a utilização de *smart contracts* no formato de *ricardian contracts* parece ser uma opção que prestigia a compreensão das partes contratantes, especialmente no contexto da realização de contratos envolvendo partes que não possuem domínio de linguagem formal em código. Mais ainda, eles permitiriam uma maior facilidade em potencial revisão judicial.

Com efeito, como resultado do fato de que os *smart contracts* são codificados em código de computador, a revisão por um tribunal como parte de uma disputa requereria que esse código fosse convertido para linguagem natural (O'SHIELDS, 2017, p. 190), uma vez que é improvável que os juízes tenham o conhecimento necessário para estudar o código em sua totalidade, ao menos em um primeiro momento, e ausentes alternativas específicas para resolução de disputas em *smart contracts*. Outra opção, assim como ocorre com situações de linguagem contábil ou matemática, é a tradução e interpretação da linguagem formal por um perito – assim como há peritos contabilistas, podem-se ter

---

<sup>78</sup> O argumento de Searle é o seguinte: “Imagine um falante nativo de inglês que não sabe chinês trancado em uma sala cheia de caixas de símbolos chineses (um banco de dados) junto com um livro de instruções para manipular os símbolos (o programa). Imagine que as pessoas de fora da sala enviem outros símbolos chineses que, desconhecidos para a pessoa na sala, são perguntas em chinês (a entrada). E imagine que, seguindo as instruções do programa, o homem na sala seja capaz de distribuir símbolos chineses que são respostas corretas para as perguntas (a saída). O programa permite que a pessoa na sala passe no teste de Turing para entender chinês, mas ela não entende uma palavra de chinês.” Tradução livre do original: “Imagine a native English speaker who knows no Chinese locked in a room full of boxes of Chinese symbols (a data base) together with a book of instructions for manipulating the symbols (the program). Imagine that people outside the room send in other Chinese symbols which, unknown to the person in the room, are questions in Chinese (the input). And imagine that by following the instructions in the program the man in the room is able to pass out Chinese symbols which are correct answers to the questions (the output). The program enables the person in the room to pass the Turing Test for understanding Chinese but he does not understand a word of Chinese” (SEARLE, 1999).

peritos programadores, especializados em traduzir a linguagem formal do código para uma linguagem natural compreensível pelas partes e pelo juiz. De toda forma, *ricardian contracts* poderiam auxiliar a acessibilidade e compreensão das cortes.

Outra forma de introduzir humanos em *smart contracts* para decodificação de termos e linguagem que não são codificadas por máquina é por meio de oráculos. Porque estes servem para qualquer tipo de *interface* entre máquinas e o mundo real, em vez de apenas apresentar dados do mundo real, oráculos usados pelo código de *smart contracts* podem ser alimentados por humanos, que podem aplicar regras como melhores esforços, força maior ou justa causa.

Uma alegação por vezes intuitivamente feita é de que o uso da linguagem formal acabaria com a necessidade da interpretação e garantiria segurança e hígidez sem precedentes em *smart contracts*, com base na clareza e previsibilidade inerentes a um código de programação (WERBACH e CORNELL, 2017; CAPISIZU, 2019; CUTTS, 2019). Diz-se que enquanto um contrato redigido em linguagem natural seria escrito em linguagem ambígua, com significados diversos e variáveis no tempo e espaço, e interpretados por seres humanos com visões individuais e subjetivas, um *smart contract* seria escrito em uma linguagem de programação clara e executado de forma objetiva por uma máquina que não comete erros. A conclusão do argumento seria: qualquer leitor treinado na linguagem formal em questão seria capaz de prever o que vai ocorrer quando um *smart contract* for executado no sistema a partir da sua própria leitura.

Tal percepção é incorreta – o consenso quanto ao resultado esperado de um código é também social, não apenas técnico. Uma exploração um pouco mais aprofundada do funcionamento de linguagens formais revela que ambiguidade e problemas de interpretação também são encontrados em uma eventual revisão judicial ou assinatura de um *smart contract*. Na verdade, os *smart contracts* não eliminam a interpretação ou a necessidade de um contexto social, porque eles dependem do consenso dos participantes sobre os sistemas em que eles vão ser executados e as expectativas dos programadores em relação a estes sistemas.

Relembre-se, como já apontado, que o significado das palavras varia de acordo com o contexto e as circunstâncias em que são usadas (HART, 1983, p. 47; WITTGENSTEIN, 1996, p. 23), ou seja, são socialmente contingentes. Curiosamente, o mesmo ocorre na linguagem de programação – ela não é um fato exclusivamente técnico, mas também contingente a elementos externos a si própria.

Um primeiro ponto importante é de que um programa, quando executado por um sistema, sempre terá o mesmo exato resultado. Mas este fato é diferente de afirmar que programadores treinados em uma linguagem de programação específica sempre chegarão a um acordo sobre o significado de um programa, ou de que o programa, quando executado, cumprirá as expectativas dos programadores. Seja pela complexidade do programa ou por erros no código ou no sistema, é plenamente possível que a execução de um *smart contract* complexo em um sistema gere efeitos inesperados para os programadores que o escreveu. Isso é verdade porque a estrutura e a sintaxe de qualquer linguagem de programação são desenvolvidas por pessoas, de forma social e evolutiva, e estará sujeita às variabilidades que envolvem as dinâmicas sociais<sup>79</sup>.

---

<sup>79</sup> Grimmelmann (2019, p. 13-14) argumenta este ponto com um excelente exemplo: “Considere a expressão em código Python:  $3/2$ . O que acontecerá se ela for processada pela linguagem? Depende. Se você a executar no Python versão 2.7-15, em que o símbolo  $/$  é um operador de divisão inteira, ela retornará 1. Mas se você a executar no Python versão 3.7.1, onde o símbolo  $/$  é um operador de divisão exata (e  $//$  é o símbolo de divisão inteira), ele retornará 1,5. ‘Python’ não é uma coisa. O que queremos dizer quando dizemos ‘Python’ é determinado socialmente. Em algumas circunstâncias, queremos dizer Python 2.7-15; em outras, queremos dizer Python 3.7.1. Se queremos dizer Python 2.7-15, então quando dizemos “o valor da expressão Python  $3/2$ ” nos referimos a 1, mas se queremos dizer Python 3.7.1, quando dizer “o valor da expressão Python  $3/2$ ” nos referimos a 1.5. O valor da expressão não é ambíguo em relação a uma linguagem de programação específica, mas isso é como dizer que o significado de “frango” não é ambíguo em relação a uma convenção interpretativa em que significa qualquer *gallus gallus domesticus*. O conceito depende da alegação de que este programa foi escrito naquela linguagem e essas alegações só podem ser estabelecidas por referência a uma comunidade de programadores e usuários.  $2**3$  em Python é inequivocamente 8, mas isso é apenas porque os usuários do Python já concordaram sobre o que é ‘Python’. Se eles concordassem de forma diferente, ‘Python’ seria diferente e  $2**3$  também poderia ser diferente. A negociação coletiva sobre o significado acordado de ‘Python’ é constantemente: em particular, acontece toda vez que há uma nova versão lançada. Entre outras mudanças, o Python 3.7 adicionou uma nova função chamada breakpoint, mas também fez await uma palavra-chave reservada. Programas que chamam a função breakpoint funcionam no Python 3.7, mas não no Python 3.6; programas com uma variável chamada await funcionam no Python 3.6, mas não no Python 3.7. Essas mudanças são amplamente debatidas nas listas de discussão de desenvolvedores Python e cada vez que há um novo lançamento, todos os responsáveis por escrever ou executar o código Python decidem se devem ou não atualizar sua versão para a versão mais recente. Essas escolhas estabelecem coletivamente os significados dos programas Python – e mudam esses significados com o tempo. Os fatos técnicos dependem de outros socialmente determinados.” Tradução livre do original: “Consider the Python expression  $3/2$ . What will happen if you evaluate it? It depends. If you run it in Python version 2.7-15, where  $/$  is an integer division operator, it will return 1. But if you run it in Python version 3.7.1, where  $/$  is an exact division operator (and  $//$  is the integer division operator), it will return 1.5. “Python” is not one thing. What we mean when we say “Python” is socially determined. Under some circumstances, we mean Python 2.7-15; under others we mean Python 3.7.1. If we mean Python 2.7-15, then when we say “the value of the Python expression  $3/2$ ” we refer to 1, but if we mean Python 3.7.1, when we say “the value of the Python expression  $3/2$ ” we refer to 1.5. The value of the expression is unambiguous relative to a specific programming language, but that is like saying that the meaning of “chicken” is unambiguous relative to an interpretive convention in which it means any *gallus gallus domesticus*. All the important work is done by the claim that this program is written in that language. Such claims can only be established by reference to a community of programmers and users.  $2**3$  in Python is unambiguously 8, but that is only because Python users have already agreed on what “Python” is. If they agreed differently, “Python” would be different and so might  $2**3$ . Collective negotiation over the agreed meaning of “Python” is constantly taking place: in particular, it happens every time there is a new version release. Among other changes, Python 3.7 added a new function called breakpoint, but it also made await a reserved keyword. 3 7 Programs that call the breakpoint function work in Python 3.7 but not in Python 3.6; programs with a variable named await work in Python 3.6 but not in Python 3.7. These changes are

Plataformas de *blockchain*, como todas as linguagens de programação, atualizam o tempo todo, e estas atualizações podem ter efeitos catastróficos: a título de exemplo, a documentação da linguagem utilizada no *blockchain* Ethereum, chamada Solidity, possui referências específicas<sup>80</sup> para as mudanças que têm a capacidade de causar ‘*breaking changes*’ no código de *smart contracts*.

Dessa forma, também no contexto de *smart contracts* é possível que existam erros e vícios contratuais associados à linguagem utilizada, como é o caso com contratos tradicionais, e hoje não está claro se a linguagem formal é mais eficiente que a linguagem natural, tendo em vistas as restrições quanto ao uso de conceitos abertos.

Linguagens formais e, especificamente, linguagens de programação, certamente reduzem parte da ambiguidade inerente a linguagens naturais. Elas são mais específicas e técnicas, e os potenciais significados de cada uma das palavras é reduzido. Entretanto, esta mesma precisão traz riscos significativos – de compreensão do que está sendo escrito e, em caso de erro, divergência ou dolo, riscos da execução de obrigações inteiramente diversas das pretendidas.

Passemos, então, à análise específica de disrupções técnicas relacionadas ao veículo que viabilizou os *smart contracts*: o *blockchain*.

---

debated at immense length on Python developer mailing lists, 3 8 and each time there is a new release, everyone who is responsible for writing or running Python code decides whether or not to upgrade their version to the latest one. These choices collectively establish the meanings of Python programs - and change those meanings over time. Technical facts depend on socially determined ones”.

<sup>80</sup> Como exemplo, em relação à versão 0.8.0, ver Ethereum (2021).

### 2.2.1. Riscos técnicos, *hard forks* e governabilidade do *blockchain*

Existem grandes riscos práticos atrelados à substituição da exequibilidade de contratos operada por seres humanos e operacionalizada por um *software* embutido no *blockchain*. Não apenas o código dos *smart contracts* pode gerar problemas interpretativos, como visto no capítulo anterior, como a própria tecnologia *blockchain* e as plataformas nas quais ela é implementada estão sujeitos a erros técnicos, *bugs* e ataques.

Os sistemas nem sempre funcionam como se espera. É senso comum que qualquer sistema baseado em *software* mais avançado estará suscetível a falhas, e tal argumento associa-se ao problema da incompletude, inconsistência e indecisão das linguagens formais Turing-completas (GÖDEL, 1962), no sentido de que é impossível garantir que não haja problemas de autorreferência e recursividade ou conflitos lógicos que gerem erros no código, e, portanto, nos próprios *smart contracts*, o que torna o risco técnico do instrumento garantidamente presente mesmo nos mais sofisticados sistemas.

Para além de erros técnicos culposos, alguns tipos de riscos e abusos em *smart contracts* são inevitáveis, como atualizações de protocolo, *hard forks*, ataques de 51% e outras falhas de consenso. Eles expõem os *smart contracts* à possibilidade de serem revogados, suplantados ou alterados como decorrência de decisões tomadas por outros usuários do *blockchain*.

*Smart contracts* encontram ainda problemas de escalabilidade como resultado da dependência da tecnologia na velocidade da rede e do *hardware*. As transações mais sofisticadas precisam de uma velocidade de rede significativamente maior, que está disponível apenas para um pequeno número de grandes organizações (NG, 2017, p. 2). É possível que isso resulte numa concentração do poder em um número limitado de agentes, centralização que traz consigo maior risco de comprometimento da integridade dos dados. Em um *ledger* distribuído é exatamente a distribuição ampla e o consenso que aumentam a segurança dos dados.

Tem-se que embora a automação negativa forneça uma garantia contra o descumprimento obrigacional em contratos, ela também traz duas desvantagens significativas: ela expõe as partes a um risco maior de fraude e *hacking* malicioso (CUTTS, 2019, p. 395) e, no caso de *ledgers* distribuídos, públicos e de acesso aberto, torna inevitável para as partes evitar as consequências negativas da execução de contratos que apresentam defeitos graves no consentimento formativo, incompatibilidades na



relação entre a previsão do sistema e o resultado real tangível e desequilíbrios contratuais evidentes, supervenientes ou não.

Não é razoável esperar que aqueles que não estejam familiarizados com a linguagem formal utilizada e o próprio funcionamento do sistema sejam penalizados pelo abuso de *bugs*, risco de *hacks* ou a assimetria de informação decorrentes. Os *smart contracts* ainda estão em seus estágios iniciais de desenvolvimento e a criação *smart contracts* cada vez mais complexos provavelmente resultará na introdução de novos riscos e problemas de segurança.

Erros de incompatibilidade de realidade, ataques de *call depth*, ataques de reentrada, *overflow* e *underflow*, ataques de repetição, ataques de reordenamento e ataques de *short address* são apenas alguns dos problemas que já foram identificados (JIAYING, 2018, p. 143). Analisemos dois dos principais riscos do *blockchain*: o erro de incompatibilidade de realidade e os *hard forks*.

Inconsistências entre o *blockchain* e a realidade física ou jurídico-formal que ele representa são chamadas de ‘erros de incompatibilidade de realidade’ (SANITT, 2018, p. 62). A perda, roubo ou destruição de um objeto tangível referenciado no *blockchain* e a incompatibilidade de um *smart contract* e a realidade devido a um *bug*, *hack* ou coerção são exemplos de situações em que isso pode ocorrer.

Oráculos podem ser utilizados para compatibilizar um *blockchain* com a realidade, mas da mesma forma como é impossível prever todas as alterações fáticas passíveis de ocorrência no mundo, também é impossível programar oráculos que garantem uma perfeita conexão do *blockchain* com o mundo real.

Pode-se apontar também a questão do risco dos oráculos como uma barreira para *smart contracts* seguros e justos. Isso se refere à ausência de um canal de entrega confiável e seguro para a troca de informações em tempo real entre oráculos e sistemas de gerenciamento de dados baseados em *blockchain*. No momento, não existe um método obviamente seguro de transferência de informações entre plataformas. Por exemplo, a maioria dos oráculos atuais é operada em serviços centralizados ou de fonte única, que têm as mesmas vulnerabilidades de segurança da maioria dos sistemas de dados convencionais, que são suscetíveis a serem hackeados em seu banco de dados central.

Assim, à exceção da existência de oráculos específicos em situações específicas, o sistema não conseguirá ter a informação ou compreensão de que um objeto referenciado deixou de existir ou teve sua realidade alterada. A existência dos erros de incompatibilidade realidade demonstra que mesmo nos ambientes mais mecanizados e

automatizados, a participação e intervenção humana, mostram-se necessárias para garantir a confiança no funcionamento sistêmico (MACKENZIE, 2004, p. 334).

Para mitigar esses problemas deve-se implementar os *smart contracts* em uma plataforma eficiente: hospedada e validada por pessoas que possuem a motivação de manterem a integridade do *blockchain* e estruturada com base em um algoritmo de consenso em uma comunidade engajada. Por sua vez, o ponto da comunidade engajada leva-nos à discussão sobre os *hard forks* e a governabilidade de *blockchains*.

Os participantes de um *blockchain* podem modificar o livro-razão ou o código subjacente por meio de um *hard fork* – um dos problemas técnicos mais interessantes e comuns associados ao *blockchain* –, essencialmente falhas do *blockchain* para se chegar a um consenso em decorrência da ausência de um registro centralizado, em que o consenso formado pela maioria decide legitimar um registro específico e diferente do anterior, de alguma maneira, como sendo o registro de dados legítimo, original ou verdadeiro em um *blockchain* específico.

Como visto, a legitimidade do livro-razão é garantida por duas propriedades essenciais dos sistemas *blockchain*: o mecanismo de consenso, que oferece um incentivo financeiro para que os participantes mantenham sua integridade, e a distribuição, ou seja, como os sistemas *blockchain* são distribuídos, o poder de computação não é centralizado nas mãos de uma única pessoa ou organização. No entanto, quando os usuários trabalham juntos para alterar o código principal do *blockchain* ou o conteúdo do livro-razão, ganhando o controle majoritário da rede, eles causam um *hard fork*.

Como não há autoridade central no *blockchain*, o livro-razão é controlado pela maioria dos participantes da rede. Consequentemente, é possível que essa maioria altere unilateralmente ou anule transferências legítimas. Cada *blockchain* obtém o seu consenso local por conta própria, mas não existe um consenso global. Os *hard forks* no *blockchain* apresentam uma incerteza clara, demonstrada por uma mudança radical no livro-razão, ou em suas regras. É impossível operar em um *blockchain* sem topar com a incerteza subjacente de que o próprio *blockchain* pode ser atualizado a partir de um novo consenso ou a partir da plataforma.

Em outras palavras: antes o livro-razão dizia X, e o consenso validava X; em um *hard fork*, o consenso, representado pelo voto feito a partir do poder computacional dos participantes, decide alterar o livro-razão para que agora diga Y, e este conteúdo é, a partir do momento do *hard fork*, o legítimo. Seria o equivalente, por exemplo, a um desfazimento de uma operação bancária em decorrência de uma decisão judicial, mas

decidido por todos os participantes do *blockchain* e, normalmente, com consequências radicais, como se exemplificará abaixo.

Em uma tecnologia supostamente ingovernável, a perspectiva de um *hard fork* permite que escolhas de governança colaborativa sejam executadas, no entanto, as circunstâncias em que um *hard fork* é viável ou provável são bastante limitadas. Uma vez que a maioria dos participantes da rede precisa concordar em substituir o consenso do *blockchain*, *hard forks* são alcançáveis apenas quando a informação ou código que se pretende alterar é predominante o suficiente para ter um impacto na maior parte da rede. É mais provável que isso aconteça quando todo o projeto do *blockchain* está em perigo ou quando uma única transação suspeita resultou em perdas para múltiplos participantes.

As questões relacionadas a *hard forks* e *upgrades* são inerentemente políticas, mas uma solução política para um problema quando apenas uma ou duas pessoas são prejudicadas é muitíssimo improvável. Três coisas podem acontecer quando há desacordo entre os membros da comunidade do *blockchain* em relação à implementação de uma determinada atualização ou *fork*: (i) se o campo pró-mudança admitir a derrota, o *status quo* será restaurado; (ii) se o grupo anti-mudança ceder, a mudança ocorre; (iii) se nenhum grupo estiver disposto a se comprometer, o *blockchain* será dividido em duas realidades distintas (GRIMMELMANN, 2019, p. 17). Em qualquer caso, deve ser evidente que qualquer facção, se alguma, decide ceder, esta decisão não é técnica, mas política e empiricamente construída e determinada.

Assim, as regras que regem a transferência de ativos digitais expressam compromissos normativos. Esses compromissos podem ser externos (legais) ou internos (uma expressão do consenso social de um determinado grupo), mas não podem ser evitados. Os *blockchains* tornam o consenso explícito. Quando se trata de *blockchains*, o procedimento para decidir o que é legítimo e válidos sobre o próximo bloco é a cola que mantém a integridade do livro-razão. O que quer que resulte desse processo de consenso é a base de construção para o próximo bloco. Todo *smart contract*, como resultado, é tão robusto quanto o *blockchain* no qual é construído e o consenso subjacente (GRIMMELMANN, 2019, p. 21-22). Um *blockchain* cuja governança ou consenso falhem entrará em colapso; ou será objeto de um *hard fork*; ou se tornará aberta a *hacking* e outras formas de fraude. Todas essas possibilidades representam um perigo para os *smart contracts* que estão em execução.

A história do DAO é um dos melhores exemplos deste risco técnico que se está a discutir: em 2016, um grupo de desenvolvedores associados ao *blockchain* Ethereum

criou um sistema de *crowdfunding* (“vaquinha”) distribuído, chamado “The DAO” (Organização Autônoma Descentralizada – *Decentralized Autonomous Organization*).

Ele foi projetado para implementar o conceito de ‘DAO’ total, no qual toda a governança corporativa e as operações da organização são conduzidas automaticamente, por meio de *smart contracts*. Os usuários prometeram Ether em troca de tokens que lhes davam autoridade para votar em projetos a serem financiados – os tokens DAO. As organizações em busca de financiamento se inscreveriam e coletariam o Ether se recebessem votos suficientes. O lançamento superou as expectativas, atraindo 712,7 milhões de Ether em investimento (na época, mais de US\$ 150 milhões, hoje múltiplas vezes este valor) em questão de semanas após o lançamento do DAO.

Os usuários se inscreveram para participar do DAO em um site que afirmava explicitamente, em seus termos de serviço, que os *smart contracts* no *blockchain* Ethereum eram a autoridade legal de controle. Quaisquer documentos ou explicações legíveis por humanos, incluindo aqueles no site, foram oferecidos apenas para fins educacionais e não substituíam ou modificavam os termos expressos do código do DAO definido no *blockchain*.

Algumas semanas após o lançamento, o desastre ocorreu: um *hacker* aproveitou um *bug* no código do DAO para desviar mais de US\$ 60 milhões em Ether (DEL CASTILLO, 2016). Embora tenha sido claramente um cometimento de ato ilícito, o *hack* foi executado por meio de uma série de *smart contracts* que eram formalmente válidos de acordo com as regras do DAO. Mesmo que os fundos roubados tenham sido temporariamente colocados em quarentena em uma conta, e não imediatamente desembolsados, do ponto de vista do sistema de *smart contracts*, as transações eram perfeitamente legítimas. Mesmo que um tribunal ordenasse a devolução dos fundos, não havia ninguém com poder sobre o sistema para cumprir essa ordem. Assim, não havia forma legal ou técnica de recuperá-los sem prejudicar todo o sistema.

Essa questão era normativa: quem deveria ter direito ao Ether capturado pelo *hack*? Apenas um *hard fork*, com a mudança das regras e apoio da maioria dos formadores do consenso, poderia desfazer a operação. Aqueles que se opuseram ao *hard fork* argumentaram que o *hack* havia ocorrido dentro das regras do DAO e, logo, era válido e legítimo. Aqueles que apoiaram o *hard fork* argumentaram que as ações do hacker eram eticamente inadmissíveis e divergiam das intenções dos participantes do projeto, e, por este motivo, a resposta da comunidade deveria considerar este ponto também sob a perspectiva moral, não apenas técnica.

No final das contas, os líderes do projeto Ethereum convenceram a maioria dos participantes a implementar um *hard fork*, que dividiu todo o *blockchain* Ethereum em dois caminhos incompatíveis. Somente por meio dessa etapa dramática, que efetivamente matou o DAO e minou a confiança na plataforma Ethereum (POPPER, 2016), os fundos roubados pelo *hack* puderam ser devolvidos. A comunidade do *blockchain* Ethereum interveio pessoalmente para solucionar um problema moral causado pelo sistema. É como se o banco central Ethereum tivesse recapitalizado o banco comercial DAO, monetizando seus empréstimos e desfazendo uma operação ilegal (COPPOLA, 2016), ou como se o judiciário houvesse determinado o desfazimento das transferências realizadas pelo *hacker* – linguagens e funções normalmente não vistos no *blockchain*.

O exemplo DAO mostra o poder dos *smart contracts* e, também, suas limitações e riscos. *Smart contracts* pareciam ser capazes de substituir as pessoas e instituições como um mecanismo de execução para a integralidade da relação contratual dos usuários do DAO, entretanto, isso teve um custo significativo: como o único mecanismo de validação eram os computadores, não havia como distinguir subjetivamente a intenção das operações e comandos enviados. Não havia uma maneira simples de desfazer um comando identificado como indesejado, ou mesmo uma estruturação de poder organizada para realizar essa identificação e desfazimento.

*Smart contracts* transformam, de certa maneira, o hipotético estado de natureza em realidade prática (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 373). Transações ilegais realizadas em um site centralizado seriam facilmente desfeitas, mas a única opção possível no caso do DAO foi a realização de um *hard fork* – o equivalente ao uso de uma bomba nuclear que altera o livro-razão para solucionar um problema específico e eventual.

Mesmo que um *hard fork* seja bem-sucedido, ele move a competência do julgamento da instituição dos tribunais para a política do consenso do *blockchain*, o que parece ser um desenvolvimento normativo negativo sob a perspectiva institucional (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 374). O sucesso ou fracasso de um *hard fork* depende do suporte da maioria do poder computacional na rede *blockchain* que o suporta.

Em organizações sociais modernas, desacordos não são solucionados com uma consulta ao público – delega-se o poder de decisão às instituições, sujeitas às limitações impostas pelos processos, pelo sistema das leis e normas postas, a jurisprudência e a possibilidade de ajuste legislativo feito por pessoas eleitas e vinculadas a regras específicas. De outro lado, o interesse daqueles que gastam seu poder computacional em prol do consenso podem não estar alinhados com os interesses da comunidade como um

todo, até mesmo porque é possível participar do *blockchain* sem contribuir com a formação do consenso.

Em Estados contemporâneos, o risco da tirania da maioria é uma das razões pela qual a maioria dos indivíduos, com base em seus interesses próprios, são proibidos de emendar uma constituição para atender às suas necessidades, e algumas regras são alçadas à categoria de regras imutáveis, cláusulas pétreas, muitas vezes fundamentadas em regras de construção semântica subjetiva e com interpretação variável no tempo. A bem da verdade, uma democracia é o contrário da tirania da maioria – é a garantia de proteção das minorias.

Este exemplo de forma de solução de conflito moral identifica uma clara disrupção na solução de problemas contratuais: o sistema *blockchain* afasta-se de um judiciário com legitimidade calçada em uma Constituição para que respostas a problemas sejam impostas por uma maioria cuja razoabilidade é conclusivamente não garantida, o que coloca em xeque o *blockchain* como forma legítima de base para criação e modificação de direitos em uma sociedade contemporânea democrática.

Ora, o desenvolvimento histórico do contratualismo privilegiou, especialmente no auge da celebração do liberalismo, uma liberdade absoluta de formas e a hegemonia da liberdade expressada como possibilidade de submissão a obrigações legais da escolha do contratante.

O problema, entretanto, é que o instrumento e a forma afetam o processo, mas afetam também a substância e a função, especialmente em se tratando de contratos (KIM, 2014, p. 309). Assim, o desenvolvimento subsequente da principiologia da ordem jurídica em relação à proteção dos abusos e da hipossuficiência gerou o controle das formas, necessário quando esta era responsável por abusos.

Como exemplos, pense-se nos contratos de adesão e as diversas regras mitigantes de sua vinculação (como os parágrafos 3º e 4º do CPC, em relação à potencial abusividade da eleição de foro), ou os contratos eletrônicos e a já comentada regulamentação dos *click-wrap agreements* e *browse-wrap agreements*, ou ainda a coleta de dados pessoais por meio de instrumentos contratuais e a mitigação a partir da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, nº 13.709/18.

As características formais podem constituir garantia para partes hipossuficientes em um contrato (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 134) e a forma utilizada pode também, nas mãos de um ente mais poderoso, servir como instrumento de abuso da contraparte. Em um *blockchain* distribuído, público e de acesso livre, o consenso da

maioria sempre será o fator determinante da realidade fática; contudo, especialmente dados interesses não patrimoniais com relevância de ordem constitucional, o consenso da maioria pode constituir tirania, abuso e inconstitucionalidade.

O paradigma democrático-constitucional não garante a liberdade absoluta de formas (PERLINGIERI, 2008, p. 448), particularmente em uma democracia que, em última instância, deve sempre garantir os direitos contramajoritários e proteger as minorias hipossuficientes dos abusos da maioria, o que vai de encontro ao funcionamento dos *smart contracts* na versão atual.

### 2.2.2. Usos ilícitos, regulação do *blockchain* e a desintermediação ilusória

Para dar conta dos inúmeros cenários que acontecem durante o processo negocial, e de assinatura e execução dos contratos, o direito contratual evoluiu ao longo dos séculos. Como resultado deste processo, os legisladores e os tribunais foram capazes de desenvolver soluções para questões específicas.

A introdução de tecnologias inéditas não exige o desenvolvimento de novas teorias jurídicas ou ordenamentos legais se os fatos subjacentes permanecem substancialmente inalterados (EASTERBOOK, 1996). Ao que tudo indica, este não é o caso no tocante aos *smart contracts*. As disrupções são significativas e relevantes, e também o são os riscos sociais envolvidos, que não podem ser ignorados considerando o papel do Estado contemporâneo.

Quando as comunicações eletrônicas viabilizaram transações que nunca aconteceram antes no mundo da cópia impressa, advogados, pesquisadores e juízes determinaram se tais transações precisavam da criação de leis novas e exclusivas (ERTMAN, 2017, p. 89) – o que efetivamente ocorreu –, sem prejuízo da acomodação pelos princípios constitucionais já existentes.

No caso dos *smart contracts*, será necessário reformular o direito dos contratos para a realidade que está surgindo. Os resultados que os *smart contracts* produzem são distintos dos resultados produzidos pelo atual sistema de direito contratual. *Smart contracts* podem ser usados para fazer cumprir compromissos que o Estado normalmente não consideraria exigíveis. *Smart contracts* não levam em consideração vários princípios contratuais fundamentais, como a abusividade e a boa-fé, bem como outros fatores que restringem a validade dos negócios jurídicos e contratos entre partes.

Quando se trata de agilizar transações legais e reduzir o risco de violação contratual, os *smart contracts* são promissores (CVETKOVIC, 2019, p. 238). O avanço tecnológico tem o potencial de substituir alguns dos mecanismos que podem fazer cumprir as obrigações e executar a mesma função de forma mais eficiente (BARBOSA, 2020, p. 55) e com maior personalização (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 353). Estas vantagens, entretanto, cobram seu preço – talvez em dobro – quando se analisam os riscos adicionais à vulneração dos contratantes e do interesse público, inclusive dada a possibilidade de realização de *smart contracts* com objetos ilícitos,



Negócios jurídicos válidos requerem a existência de um “objeto lícito, possível, determinado ou determinável”, conforme art. 104 do Código Civil. Este elemento objetivo do contrato diz respeito à coisa em relação a qual o negócio jurídico é firmado, e não necessariamente deve ser uma coisa tangível – há contratos que visam comportamentos de pessoas (obrigações de fazer ou não fazer), a cessão de bens intangíveis ou complexas estruturas de *hedge* financeiras.

Independentemente da categoria do objetivo, este deve ser possível e determinado ou determinável. Quanto à possibilidade, a doutrina classifica as hipóteses em impossibilidade originária, situação em que o objeto não é possível desde a assinatura, como na venda de ações de uma empresa que não existe, que gera invalidade do negócio jurídico, e a impossibilidade superveniente, em que as relações obrigacionais decorrentes são atingidas, gerando a ineficácia do negócio jurídico (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 126).

No quesito da determinabilidade, a exigência legal não impede a realização de contratos visando bens futuros ainda não existentes, ainda na hipótese em que o contratante assume o risco que esses bens nunca venham a existir – situação em que se teria um contrato aleatório (PEREIRA, 2014 [1963], p. 31). Em verdade, a determinabilidade estaria ligada à obrigatoriedade do contrato, na medida em que seria impossível a execução específica forçada sem que os bens ou comportamentos esperados estejam identificados ou sejam identificáveis (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 128).

*A priori*, não parece haver impedimento legal para negar a força vinculante de um *smart contract* se as obrigações das partes estiverem claramente definidas, ainda que codificado diretamente no *blockchain*.

Já a licitude fundamenta-se em uma análise do objeto do contrato *versus* ordenamento jurídico subjacente: um objeto contratual é ilícito se o ordenamento o proíbe, independentemente da intenção dos contratantes ou das previsões contratuais internas. Exemplo tradicional, apresentado desde o início dos cursos de Direito, juntamente com a “herança de pessoa viva”, é o da venda de entorpecentes (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 127).

Ocorre que um dos riscos recorrentes do uso da tecnologia *blockchain* e relacionados à confidencialidade das informações e anonimato das partes é justamente a

sua associação ao cometimento de crimes, notadamente o tráfico de drogas<sup>81</sup>, mas também tráfico de armas<sup>82</sup> e outras atividades ilegais.

Um contrato juridicamente vinculativo não pode ser usado para atingir um objetivo ilícito. Os *smart contracts*, por outro lado, não são executáveis pelo sistema legal. Tome um esquema de cartel que é realizado por meio de uma série de *smart contracts* que modificam os preços em sintonia uns com os outros, por exemplo. Os participantes podem ser submetidos a processos antitruste, mas os *smart contracts* continuariam a funcionar. Como os *smart contracts* são autoexecutáveis, uma decisão judicial que declare as disposições inválidas pode não ter impacto prático, pois o contrato será cumprido independentemente do resultado do processo judicial (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 373).

Juridicamente, quando se trata de fazer cumprir os contratos, o estado não permite que duas pessoas simplesmente façam o que acham bom aos seus próprios olhos. Como resultado da execução contratual, a máquina da lei está sendo usada em favor de um lado em detrimento do outro. Isso levanta questões políticas cruciais: quando e como implementá-lo (COHEN, 1933, p. 562).

Mesmo antes da viabilização dos *smart contracts*, a mera existência do Bitcoin já trazia muita preocupação a respeito dos potenciais usos ilegais – ora, se o *blockchain* é imune à intervenção estatal, ele permitiria a movimentação de valores e a realização de negócios com imunidade das autoridades e órgãos de repressão estatais: “*what they can't find they can't get*” (FREEMAN, 2012).

*Smart contracts* podem apresentar desafios únicos em termos de garantia de conformidade com a legislação e regulamentos de combate à lavagem de dinheiro e outros usos ilegais de contratos. As formas de combate eficiente do uso ilícito dos *smart contracts* envolvem um foco das autoridades nos dois momentos fundamentais em que a intervenção estatal e o poder da polícia são mais eficientes: na conversão de criptoativos (normalmente não regulados) em moeda fiduciária (regulada) e nas ações tomadas pelos centralizadores, especialmente os serviços que operam como agências para a operação com moedas virtuais e *smart contracts*. Vejamos as duas situações.

---

<sup>81</sup> Sobre o assunto, sugerimos ler a fantástica história do nascimento e morte da Silk Road, um bazar liberal que se tornou um dos maiores centros de tráfico de drogas no mundo, em Bearman (2015).

<sup>82</sup> Ver Oré (2020) e Perez (2015), muito embora reconheça-se também o potencial papel dos *smart contracts* no controle efetivo de vendas legais de armas, como pode-se ver em Heston (2017).

Relembre-se que falta às criptomoedas algumas das características fundamentais das moedas, especialmente a estabilidade como reserva de valor e a ampla aceitação como forma de pagamento (BUENO, 2020), o que muitas vezes obrigará sua conversão em moeda fiduciária. Tendo em vista a sujeição dos agentes participantes do Sistema Financeiro Nacional – órgãos normativos, supervisores e operadores – a estrita legislação fiscalizatória, incluindo processos completos e obrigatórios de *know your client*, a troca de criptomoedas por moedas fiduciárias é um momento ideal para identificação de potenciais violadores e aplicação das punições adequadas (MORRIS-COTTERIL, 2013).

Esta estratégia falha, entretanto, quando os agentes não realizam a conversão de suas criptomoedas e continuam fora do alcance dos métodos tradicionais de identificação e combate de ilícitos pelas autoridades<sup>83</sup>. Nesse caso, a maior e mais recente arma é a regulamentação voltada não aos participantes, mas aos intermediários da suposta rede desintermediada: os mineradores, as empresas para acesso facilitado ao blockchain e os criadores e mantenedores dos códigos.

Quando se trata de criação, interpretação e execução de contratos, os intermediários tradicionais frequentemente desempenham um papel crítico tanto para evitar quanto resolver problemas. A Súmula 479 do STJ<sup>84</sup> e a Súmula 28 do STF<sup>85</sup> são dois excelentes exemplos de intermediários sendo responsabilizados, inclusive de forma objetiva, exclusivamente para proteção dos consumidores. O art. 14 do CDC<sup>86</sup>, bem como seu § 3º<sup>87</sup>, também funcionam de forma a alocar a responsabilidade pelo negócio a uma das partes ou a um intermediário poderoso, de maneira a tutelar a vulnerabilidade consumerista em muitos dos mercados contemporâneos.

No caso dos *smart contracts*, porque em *blockchains* públicos, distribuídos e de acesso aberto não há intermediários e porque é impossível identificar a contraparte, os riscos associados às falhas contratuais, sejam eles na informação do *blockchain* ou riscos

---

<sup>83</sup> O art 9º da Diretiva 2015/849 da União Europeia sobriamente considera que “[...] a inclusão de prestadores cuja atividade consiste na realização de serviços de câmbio entre moedas virtuais e moedas fiduciárias e prestadores de serviços de custódia de carteiras digitais não resolverá totalmente a questão do anonimato ligado a transações de moeda virtual, uma vez que grande parte do contexto da moeda virtual permanecerá anônimo, porque os utilizadores também podem realizar operações sem tais prestadores.”

<sup>84</sup> STJ/Súmula 479: As instituições financeiras respondem objetivamente pelos danos gerados por fortuito interno relativo a fraudes e delitos praticados por terceiros no âmbito de operações bancárias

<sup>85</sup> STF/Súmula 28: O estabelecimento bancário é responsável pelo pagamento de cheque falso, ressalvadas as hipóteses de culpa exclusiva ou concorrente do correntista.

<sup>86</sup> CDC. Art. 14. O fornecedor de serviços responde, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos relativos à prestação dos serviços, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua fruição e riscos.

<sup>87</sup> CDC. Art. 14. (...) § 3º O fornecedor de serviços só não será responsabilizado quando provar: I - que, tendo prestado o serviço, o defeito inexiste; II - a culpa exclusiva do consumidor ou de terceiro.

da própria plataforma que os executa, devem ser suportados pelo consumidor (CUTTS, 2019, p. 435). Ora, uma das características importantes dos *smart contracts* como imaginados por Szabo era sua descentralização e desintermediação.

Ocorre que o *blockchain* é o instrumento técnico que permitiu a operacionalização da visão de Szabo; entretanto, esta instrumentalização é apenas teórica no que diz respeito à desintermediação. Em teoria, o processo de validação pode ser distribuído e público e qualquer pessoa que tenha interesse pode fazer parte do processo. Na prática, a expansão do uso dos *smart contracts* veio na esteira do desenvolvimento de inúmeras empresas de processamento e acesso a blockchains, que a Diretiva 2015/849 da União Europeia chama de “prestador de serviços de custódia de carteiras” e o mercado chama de “crypto exchanges” ou corretoras de crypto.

A desintermediação do *blockchain* existe, portanto, apenas no papel – na prática, o *blockchain* não excluiu o centralizador, mas o substituiu por outros centralizadores. Há dois grupos bem definidos e separados de usuários: de um lado, aqueles que utilizam o sistema de maneira análoga aos consumidores regulares; de outro, aqueles que contribuem para o sistema, seja confirmando informações transacionais (mineradores), criando os padrões e atualizando as regras do código subjacente (programadores e proprietários dos diversos *blockchains*) e, especialmente, aqueles que efetivamente intermediam o acesso dos consumidores ao *blockchain* por meio da simplificação dos procedimentos aos participantes que não possuem amplo conhecimento dos sistemas (os prestadores de serviços de custódia de carteiras ou corretoras). Binance e Coinbase são dois exemplos dentre as maiores corretoras de criptoativos no mundo (DE BEST, 2022).

Esta inadvertida centralização do acesso aos *blockchains* é resultante da conjunção de alguns fatores, quais sejam: o aumento dos preços dos criptoativos, a grande publicização deste aumento pela mídia, sua procura como ativos para investimento de longo prazo pelo investidor pequeno e médio e a dificuldade técnica de acesso ao *blockchain* enfrentada pelo consumidor médio. Em conjunto, estas circunstâncias criaram um cenário perfeito para o surgimento e vertiginoso crescimento e controle dos prestadores de serviços de custódia de carteiras ou corretoras na operação de *blockchains*.

Em 2021, a corretora Binance, que controla 30% do mercado de trading de criptoativos (LEDESMA, 2022), teve um faturamento de US\$ 14,6 bilhões em taxas de intermediação (DAUTOVIC, 2022) em um sistema que, lembre-se, não precisa de intermediários. Aliás, em um sistema cujo objetivo de criação era justamente a total

independência de estados, governos e outros entes centralizadores, a catastrófica ironia não pode passar despercebida.

A existência prática da intermediação gera dois efeitos que merecem análise: em primeiro lugar, a possibilidade de regulação dos *blockchains* e identificação dos participantes por meio da regulação dos prestadores de serviços de custódia de carteiras, de forma praticamente similar à regulação do mercado de ativos financeiros tradicionais. Em segundo lugar, a possibilidade de que os *smart contracts*, como utilizados atualmente – por meio de corretoras altamente centralizadas – não traz todos os benefícios originalmente esperados em relação aos contratos tradicionais.

Se os *blockchains* e *smart contracts* são utilizadas para a consecução de fins ilícitos, a regulamentação ou a proibição são os dois caminhos viáveis de resposta plausível pelos governos, sendo que alguns países, como os Estados Unidos da América, têm caminhado para a criação de diversos marcos regulatórios, enquanto outros, como a China, adotaram postura mais restritiva, com a proibição da mineração (QIN e LVNI, 2021) que, como explicado anteriormente, é a forma de geração do consenso no *blockchain*.

A já citada Diretiva 2015/849 da União Europeia, de seu lado, traz como principais características: (i) incluir os prestadores cuja atividade consista na realização de serviços de câmbio entre moedas virtuais e moedas fiduciárias como coobrigados a identificar atividades suspeitas (artigo 8º), incluindo a necessidade de licenciamento dos mesmos (artigo 47); (ii) oferecer dados que permitam às autoridades acompanhar a utilização das moedas virtuais (artigo 8º); (iii) oferecer soluções para que as Unidades de Informação Financeira nacionais sejam capazes de obter informações que lhes permitam associar endereços de moeda virtual à identidade dos detentores de moedas virtuais, seja por meio dos intermediários, seja pela autodeclaração dos detentores, tendo em vista que o anonimato torna possível a utilização abusiva dos ativos para fins criminosos (artigo 9º)

No Brasil, o caminho também se volta para a regulamentação. Em 10 de novembro de 2021, por meio da Instrução Normativa ITI nº 19, o Instituto Nacional de Tecnologia da Informação oficializou o uso da tecnologia *blockchain* para certificação da data e hora em documentos públicos. Sob a perspectiva legislativa, apesar de não haver, ainda, marco legislativo, a regulamentação mais próxima de *smart contracts* e de negócios envolvendo criptoativos e *blockchain* encontra-se no Projeto de Lei nº 4.401/2021, aprovado pelo Senado Federal no dia 26 de abril de 2022 e pendente de aprovação pela Câmara dos Deputados.

Fundamentalmente, a redação aprovada do referido PL direciona-se à criação de regras para as “prestadoras de serviços de ativos virtuais”, sendo que estes ativos virtuais, dada a redação do art. 3º do projeto, incluiriam a quase totalidade dos *smart contracts*. A definição legal de prestadoras de serviços de ativos virtuais é praticamente idêntica ao conceito de prestador de serviços de custódia de carteiras aprovado pela Diretiva 2015/849 da União Europeia.

A citada norma cria uma obrigação prévia de autorização pelo Banco Central do Brasil para seu funcionamento (art. 8º), essencialmente submetendo seu funcionamento aos mesmos procedimentos de proteção da higidez do Sistema Financeiro Nacional a que instituições financeiras, *fintechs* e outras prestadoras de serviços nesse espaço estão sujeitas, inclusive as normas de processos administrativos sancionadores no âmbito do Banco Central do Brasil e da Comissão de Valores Mobiliários.

Regulamentos de combate a ilícitos muitas vezes exigem que os participantes de transações financeiras identifiquem e verifiquem as identidades das contrapartes, bem como relatem comportamentos suspeitos às autoridades competentes, ou proíbam a transferência de dinheiro a indivíduos designados como proibidos. Os usuários de *smart contracts*, ao menos aqueles sujeitos à regulação significativa, como bancos ou corretoras de câmbio, podem, portanto, ser obrigados a implementar controles que lhes permitam cumprir essas leis e regulamentos, verificando identidades e bloqueando transferências e transações ilegais.

Isso pode incluir a integração com outros sistemas que atualizam automaticamente listas de transações proibidas e de participantes do sistema. No Brasil, a jurisprudência já obriga os provedores de conteúdo a manter um sistema minimamente eficaz de identificação de seus usuários<sup>88</sup>.

O uso atual dos *smart contracts* parece indicar que os tipos de *smart contracts* que as partes poderão criar dependerão das ferramentas disponíveis, e os gestores dessas ferramentas poderão ser responsabilizados. Como exemplo, podemos tomar os *softwares* e *websites* que incentivavam a realização de operações ilegais e argumentavam que sua responsabilização não era possível, porque o sistema apenas viabilizava um compartilhamento de dados de parte a parte. Ao final, esses gestores de aplicativos foram responsabilizados em todo o mundo, e continuam sendo, inclusive no Brasil, como na responsabilização, ainda que subsidiária, de provedores de conteúdo como WhatsApp,

---

<sup>88</sup> Ver Agravo Interno no REsp 1504921/RJ (2021).

Telegram e Facebook, caso se recusem a excluir conteúdo ilegal disponibilizado pelos usuários<sup>89</sup>, ainda que estes não tenham conhecimento prévio ou capacidade de impedir a realização de atividades ilegais.

No mundo dos *smart contracts*, a plataforma OpenBazaar foi inaugurada e encerrada em parte porque se recusou a policiar o conteúdo dos *smart contracts* oferecidos em seu *marketplace*, o que resultou na imediata listagem de contratos com objetos ilícitos. Assim, um operador de *blockchain* de *smart contract* que permita, por exemplo, a infringência de direitos autorais ou a venda de bens ilícitos, poderá ser responsabilizado por suas ações.

A regulamentação deverá incluir não apenas a aplicação de normas específicas e responsabilização judicial, mas também sua sujeição a agências ou órgãos reguladores específicos em todo mundo. Se houver problemas suficientes, pode-se imaginar a criação, inclusive, de um órgão regulatório supranacional, a fim de conseguir efetivamente policiar um sistema que não tem, como estudado, suporte em um Estado específico.

Combater a ilegalidade no uso de criptoativos e *smart contracts* por meio da regulamentação das corretoras e intermediadoras, inclusive com a exigência de manutenção de dados completos dos clientes e de todas as operações realizadas, transformando o anonimato não rastreável do *blockchain* em um anonimato perfeitamente rastreável, parece ser uma boa ideia. Se não apenas pelo fato de que este é um ponto da operação que a atuação estatal é possível e eficiente, também porque não parece haver argumento plausível a excluir os intermediadores – mineradores, programadores, proprietários e corretoras – do âmbito das regras de combate à lavagem de dinheiro dos seus respectivos países (MARTINS e BRAGA, 2016), tendo em vista tratar-se de operações com moedas virtuais que podem ser convertidas em medas fiduciárias.

Contudo, estamos vivendo a transformação e desenvolvimento dos *smart contracts*, de forma que não é possível prever com precisão se a tendência de manutenção do acesso aos *blockchains* por meio de prestadores de serviço de custódia de carteiras continuará relevante, ou se haverá um contramovimento para retomada do processo desintermediado, talvez sua forma pura, como originalmente pensada.

De um lado, se o acesso aos *blockchains* continuar a ser realizado por meio de intermediários, dado que economias de escala tendem à centralização (BRITO, 2014), então a sua regulamentação e o combate aos usos ilícitos já estão sendo executados e

---

<sup>89</sup> Ver Temas de Repercussão Geral 533, 987 e 1141, do Supremo Tribunal Federal e Acórdão 1369225 do TJDF (2021).

possuem um caminho muito claro e pré-definido (BRITO, 2015), pavimentados pela Diretiva 2015/849 da União Europeia e pelo Projeto de Lei nº 4.401/2021. Nesse caso, entretanto, temos significativas dúvidas quanto à sua utilidade e eficiência em substituição aos contratos tradicionais. O anonimato e a centralização estariam derrubados, restando apenas como diferenciação a automatização negativa parcial – execução automática dos termos sem possibilidade de intervenção direta das cortes. Não está claro se esta característica, somente, seria suficiente para justificar uma vantagem competitiva ampla dos *smart contracts* em relação aos contratos tradicionais, especialmente a depender do tipo de mercado ou de contrato.

Por outra visão, caso a compreensão acerca do *blockchain* encontra mudança significativa de conhecimento, talvez até de caráter geracional, ou de desenvolvimento das interfaces dos próprios *blockchains*, a permitir a obsolescência dos intermediários que servem apenas para simplificar o processo, então é possível que todo o sistema regulatório estabelecido perca a razão de ser.

*Smart contracts* ilegais podem ser impedidos de serem formados ou executados por regulamentação (LUESLEY, 2019, p. 157), mas essa possibilidade depende que o design ou arquitetura do *blockchain* subjacente assim o permita e o preveja, o que por si só não pode ser garantido.

Um cenário a ser imaginado é aquele em que os usuários de *smart contracts* para fins legítimos utilizem os intermediários, enquanto os usuários que dolosamente buscam a tecnologia para a consecução de meios escusos não utilizem prestadores de serviços de custódia de carteiras, em uma situação em que a regulamentação colocada teria reduzida capacidade de coibir os usos deliberadamente ilegais dos *smart contracts* e do *blockchain*. Há quem defenda que, por este exato motivo, regulamentação tradicional de *blockchains* pelos intermediários nunca funcionará e uma novel forma de solução do problema deve ser desenvolvida (DESCHAPELL, 2014).

Vários critérios de ordem eminentemente pública, como a verificação da legalidade, sugerem que o contrato, embora normalmente considerado um tradicional exemplo de objeto de direito privado, ainda mantém significativa relação com o direito público – ponto, aliás, reiterado pelos adeptos da constitucionalização do Direito Civil.

Vê-se aqui a faceta adjudicativa do direito contratual, dependente de funções públicas e do poder coercitivo do Estado (HOBBS, 1974 [1651]) para cumprir seus deveres para proteção contra grupo de pessoas que pretendam buscar objetivos considerados ilegais. A substância das normas subjacentes aos *smart contracts* pode ser



suficiente para chegarmos à conclusão de que as negociações com base em *blockchain* suportados em um algoritmo de consenso são exercícios ilegais de autoridade política (VERSTRAETE, 2019, p. 792).

É possível que os *smart contracts* possam ser considerados normativamente indesejáveis, eis que falham em realizar qualquer controle de legalidade dos objetos em questão, e dependam da evolução do *blockchain* para permitir a intervenção estatal para que sejam considerados como uma opção legítima dos cidadãos em um estado democrático de direito.

Evidentemente, a regulação não deve se limitar a coibir os usos ilícitos, mas inclui regulações relacionadas à garantia de que as plataformas *blockchain* criem regras razoáveis para seus usuários, com segurança e transparência. Neste contexto, vários países e estados dos Estados Unidos da América já possuem legislação específica sobre *smart contracts*.

Em março de 2022, o governo federal dos Estados Unidos emitiu uma ordem executiva (Executive Order on Ensuring Responsible Development of Digital Assets, 2022) com o objetivo de garantir o desenvolvimento responsável de ativos digitais, com seis objetivos fundamentais em relação à política do país em relação a ativos digitais, *blockchain* e *smart contracts*: (i) proteger os consumidores, investidores e as empresas privadas; (ii) proteger a higidez do sistema financeiro nacional; (iii) mitigar os riscos à segurança nacional e ilícitos financeiros; (iv) incentivar a liderança do país na competição tecnológica; (v) promover acesso a serviços eletrônicos de forma segura e responsável; e, (vi) promover o desenvolvimento de avanços tecnológicos para uso responsável de ativos digitais.

Arizona e Tennessee foram os dois primeiros Estados a aprovarem um tratamento legal aos *smart contracts*. O estado do Arizona trata no §44-7601C da legislação estadual sobre comércio<sup>90</sup> acerca da validade de assinaturas realizadas utilizando a tecnologia *blockchain*, indicando que se trata de forma eletrônica de assinatura. Especificamente acerca dos *smart contracts*, a legislação mencionada especifica dois pontos:

---

<sup>90</sup> “§44-7061. (...) C. Podem existir *smart contracts* no comércio. Um contrato relacionado a uma transação não pode ter seus efeitos jurídicos, validade ou exequibilidade negados apenas porque esse contrato contém um termo de *smart contract*. (...) 2. "Smart contract" significa um programa orientado a eventos, com estado, executado em um livro-razão distribuído, descentralizado, compartilhado e replicado e que pode assumir a custódia e instruir a transferência de ativos nesse livro-razão.” Tradução livre do original: “§44-7061. (...) C. Smart contracts may exist in commerce. A contract relating to a transaction may not be denied legal effect, validity or enforceability solely because that contract contains a smart contract term. (...) 2. "Smart contract" means an event-driven program, with state, that runs on a distributed, decentralized, shared and replicated ledger and that can take custody over and instruct transfer of assets on that ledger.”

primeiramente, que os *smart contracts* “podem existir no comércio” e que “um contrato (...) não pode ter sua validade ou exequibilidade negada por incluir um termo na forma de *smart contract*”. Em segundo lugar, a lei define um *smart contract* como “um programa orientado a eventos, com estado, executado em um livro-razão distribuído, descentralizado, compartilhado e replicado e que pode assumir a custódia e instruir a transferência de ativos nesse livro-razão.”

A legislação do estado do Tennessee, em seu título 47 (instrumentos e transações comerciais), capítulo 10, §201 e §202<sup>91</sup>, traz uma redação próxima à do estado do Arizona, com pequenos ajustes. No parágrafo da validade, ao invés de “um contrato (...) não pode ter sua validade ou exequibilidade negada por incluir um termo na forma de *smart contract*”, a lei fala que “um contrato (...) não pode ter sua validade ou exequibilidade negada por ser executado por meio de um *smart contract*”. Ademais, sua definição é a seguinte: um *smart contract* seria “um programa de computador orientado a eventos, executado em um livro-razão eletrônico, distribuído, descentralizado, compartilhado e replicado que é usado para automatizar transações, incluindo, mas não se limitando a, transações que: (A) Assumir a custódia e instruir a transferência de ativos nesse livro-razão; (B) Criar e distribuir ativos eletrônicos; (C) Sincronizar informações; ou (D) Gerenciar a identidade e o acesso do usuário aos aplicativos de software.”

Connecticut, Nova York e a Florida reproduziram as normas de Tennessee, e vários outros aprovaram normas similares<sup>92</sup>. Observa-se que o objetivo da legislação parece ser, até o momento, indicar que *smart contracts* são válidos e assim devem ser observados pelas cortes, trazendo a definição descritiva do mesmo com o aparente objetivo de indicar exatamente quais tipos de tecnologia estão abarcadas no conceito e

---

<sup>91</sup> “§47-10-201. (2) “*Smart contract*” significa um programa de computador orientado a eventos, executado em um livro-razão eletrônico, distribuído, descentralizado, compartilhado e replicado que é usado para automatizar transações, incluindo, mas não se limitando a, transações que: (A) Assumir a custódia e instruir a transferência de ativos nesse livro-razão; (B) Criar e distribuir ativos eletrônicos; (C) Sincronizar informações; ou (D) Gerenciar a identidade e o acesso do usuário aos aplicativos de software. (...) §47-10-202. (c) Podem existir *smart contracts* no comércio. Nenhum contrato relacionado a uma transação terá seus efeitos jurídicos, validade ou exequibilidade negados apenas porque esse contrato foi executado por meio de um *smart contract*.” Tradução livre do original: “§47-10-201. (2) “*Smart contract*” means an event-driven computer program, that executes on an electronic, distributed, decentralized, shared, and replicated ledger that is used to automate transactions, including, but not limited to, transactions that: (A) Take custody over and instruct transfer of assets on that ledger; (B) Create and distribute electronic assets; (C) Synchronize information; or (D) Manage identity and user access to software applications. (...) §47-10-202. (c) Smart contracts may exist in commerce. No contract relating to a transaction shall be denied legal effect, validity, or enforceability solely because that contract is executed through a smart contract.”

<sup>92</sup> O website da Conferência Nacional das Legislaturas Estaduais (NCSL) dos Estados Unidos da América é uma ótima fonte para consulta atualizado do estado da legislação sobre *blockchain* e *smart contracts* naquele país: <https://www.ncsl.org/research/financial-services-and-commerce/the-fundamentals-of-risk-management-and-insurance-viewed-through-the-lens-of-emerging-technology-webinar.aspx>

que, portanto, devem ser consideradas válidas como contratos pelas cortes. As normas também estendem aos *smart contracts* regras associadas à negociação e assinaturas eletrônica<sup>93</sup>.

Alguns estados, para além de regulamentar o assunto, visaram incentivar a adoção de *blockchain* e *smart contracts*. Vermont aprovou sua própria lei em 2018 (Lei Estadual de Vermont 269) que vai além dos outros estados ao criar tipos de taxas sobre os negócios envolvendo *smart contracts* e uma determinação expressa para que a Agência de Comércio e Desenvolvimento local suporte oportunidades relacionadas a estes negócios.

Na mesma linha, Delaware lançou a chamada “Iniciativa *Blockchain* de Delaware”, que tem como objetivo incentivar o uso de *blockchains* para negócios e guarda de dados no estado, na forma de emendas ao Código Comercial de Delaware. Illinois também lançou sua própria “Iniciativa *Blockchain* de Illinois”, com a criação de um cargo público específico de “*blockchain business liaison*”.

Além disso, a classificação de ofertas de novas moedas virtuais (ICOs) pela *U.S. Securities and Exchange Commission* como títulos mobiliários, sob a sua supervisão, serviu como incentivo e aumentou a segurança neste tipo de procedimento.

No contexto da Europa, a Itália é considerada um dos países mais avançados na legislação relacionada a *smart contracts* e *blockchain*, tendo aprovado ainda em dezembro de 2018 a Lei nº 135<sup>94</sup>. A norma expressamente reconhece os *smart contracts* como legalmente válidos e exigíveis, bem como define *smart contracts* como programas de computador que operam em tecnologias baseadas em livros-razão distribuídos e cuja execução vincula automaticamente duas ou mais partes de acordo com os efeitos predefinidos por essas partes.

---

<sup>93</sup> Como exemplo, a norma do Tennessee sobre o assunto, similar a de outros estados dos Estados Unidos da América: “§47-10-202: (a) Uma assinatura criptográfica que é gerada e armazenada por meio de tecnologia de contabilidade distribuída é considerada em formato eletrônico e como assinatura eletrônica. (b) Um registro ou contrato que é garantido por meio de tecnologia de contabilidade distribuída é considerado em formato eletrônico e é um registro eletrônico. (c) Contratos inteligentes podem existir no comércio. Nenhum contrato relacionado a uma transação terá efeito legal, validade ou exigibilidade negados apenas porque esse contrato é executado por meio de um contrato inteligente.” Tradução livre do original: “§47-10-202: (a) A cryptographic signature that is generated and stored through distributed ledger technology is considered to be in an electronic form and to be an electronic signature. (b) A record or contract that is secured through distributed ledger technology is considered to be in an electronic form and to be an electronic record. (c) Smart contracts may exist in commerce. No contract relating to a transaction shall be denied legal effect, validity, or enforceability solely because that contract is executed through a smart contract.”

<sup>94</sup> *Decreto-legge 14 dicembre 2018, n. 135*, disponível na íntegra em <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/12/14/18G00163/sg>

Os regulamentos em todo o mundo variam, mas a maioria está envolvida em regulação, não em oposição aos instrumentos. Na academia, a maioria dos estudos parece voltar-se à regulamentação como a melhor alternativa, não à proibição, tendo em vista os inúmeros usos não delitivos da tecnologia (MELO, 2021, p. 186). Em todo caso, a mera existência de riscos, comum a novas tecnologias, não parece ser suficiente para justificar uma reação extrema pelos governos, como ocorreu na China, com a proibição da mineração.

No Brasil, houve algum movimento proibitivo – a Comissão de Valores Mobiliários, por meio do Ato Declaratório nº 17.961/2020, proibiu a Binance (e, indiretamente, todas as provedoras de moedas virtuais) de oferecer *smart contracts* de derivativos de criptoativos de qualquer natureza, classificando-os como valores mobiliários sujeitos à fiscalização deste órgão e, portanto, dependente de autorização prévia para oferecimento legal.

Neste contexto, interessante apontar que as forças de segurança eletrônica de diversos países já buscaram garantir a existência de *backdoors*, ou seja, um acesso específico sempre disponível para forças de segurança (LESWING, 2020), nos aparelhos eletrônicos mais utilizados mundialmente, como iPhones, o que sempre encontra forte resistência dos fabricantes, tendo em vista a vulneração de segurança associada à existência de *backdoors*. O mesmo tipo de discussão tende a se expandir para o mundo do *blockchain*, em que a existência de *backdoors* pode ser a garantia para o acesso por cortes e adjudicadores – considerada uma ferramenta adicional, e não uma fraqueza de segurança, para alguns desenvolvedores de *blockchain*.

Outra forma para regulação de *blockchains* específicos é por meio do uso de oráculos que permitam intervenção específica de terceiros, inclusive governos e cortes. Esta possibilidade depende, entretanto, da estruturação e *design* de cada *blockchain*, e parece certo que existem inúmeros motivos, legítimos ou não, para que desenvolvedores de *blockchains* distribuídos prefiram se afastar ao máximo da mera possibilidade de regulamentação estatal.

Ademais, parece, no momento, improvável que os usuários, em uma espécie de mercado livre, produza regras desejáveis para reger as instituições fundamentais do direito contratual, especialmente porque esta liberdade dos usuários de *smart contracts*, como o próprio mercado, estão longe de ser ideais (VERSTRAETE, 2019, p. 785) – ou seja, sem externalidades, desigualdades, altas barreiras de entrada e significativos custos de transação.

Estas regras podem não motivar os usuários a participarem de plataformas de *blockchain* específicas e, possivelmente, tenderão a privilegiar grandes companhias que desejam entrar no mercado de *smart contracts*. Em outras palavras, ausente qualquer espécie de regulação, parece provável que grandes empresas preferirão plataformas de *smart contracts* que ofereçam o mínimo de segurança e garantia aos consumidores, especialmente aos consumidores ou agentes que possuam pouco poder econômico ou político no mercado em questão.

Outro problema que pode ser imaginado é um alto custo de mudança de plataforma, incentivando sistemas *blockchain* a realizarem mudanças negativas em relação aos seus próprios agentes após alcançarem uma massa crítica de usuários suficiente para dificultar a possibilidade de alteração de plataforma pelos agentes. Como os contratos são sociais por natureza, as plataformas *blockchain* com o maior número de usuários e altas barreiras de mudança podem dominar o mercado (VERSTRAETE, 2019, p. 786) e, conseqüentemente, dominar os parâmetros de criação de regras para os *smart contracts*.

Por fim, um quesito de regulação relacionado aos *smart contracts* são os pronunciados riscos, já identificados (RASKIN, 2017), do uso de inteligência artificial para tomada de decisão na execução dos *smart contracts*. Tanto juristas quanto cientistas da computação têm realizado estudos, com foco na promoção de transparência nos processos, a fim de permitir responsabilização (DIAKOPOULOS, 2016; BAROCAS, FELTEN, *et al.*, 2017; ELKIN-KOREN e PEREL, 2016), e equidade nos parâmetros (FELDMAN, FRIEDLER, *et al.*, 2015), voltados a criar regras, padrões e princípios éticos para o desenvolvimento de inteligências artificiais em *smart contracts*.

Dados estes pontos, alinhamo-nos aos autores que entendem a regulação dos *smart contracts* como preferível à proibição e, mais, necessária, tanto para coibir usos ilegais como para garantir segurança aos usuários. O fato de que sistemas *smart contracts* possuem características específicas e relações jurídicas únicas não precluem a necessidade de sua regulação, ou, menos ainda, a prerrogativa social de buscar algum controle legal sobre o uso dos instrumentos (MADALENA, 2016, p. 97).

Contrariamente, o resultado inesperado do afastamento dos compromissos pessoas e da teoria da confiança, a mitigação da negociação e o impedimento da adjudicação *ex post*, todas medidas voltadas a afastar uma intervenção estatal nos *smart contracts*, parecem atrair ainda mais a necessidade de sua regulação para evitar negócios e situações ilegais e o cometimento de crimes.

Se os *smart contracts* realmente são significativamente menos caros e mais eficientes do que os contratos tradicionais, um instrumento que promete mais confiança, redução de custos e segurança (KÄERCHER, 2019, p. 54-55), é razoável esperar que cada vez mais um maior número de situações poderá se beneficiar do uso de acordos contratuais desta natureza, como transações dinâmicas envolvendo objetos físicos (IoT) ou ofertas para aqueles que não podem pagar os tradicionais serviços legais.

Esta potencial expansão do uso dos *smart contracts* torna ainda mais relevante a verificação das garantias jurídicas necessárias para aumentar a segurança dos contratantes, em especial em situações que há hipossuficiência ou em mercados altamente regulados. Mesmo que tenha havido avanço na legislação e no desenvolvimento pelo mercado (SK, 2019, p. 9), sob a perspectiva de um ordenamento jurídico, particularmente no Brasil, os *smart contracts* ainda estão operando em uma área cinzenta.

### 2.2.3. Vícios de consentimento e perda da capacidade de contratar

Como já apresentado anteriormente, uma das teorias contemporâneas da fundamentação dos contratos parte da premissa de que a possibilidade de submissão voluntária a regras de um negócio qualquer é parte integrante do feixe de direitos individuais constitucionais – de certa forma paradoxalmente, a possibilidade de submissão a regras é essencial parte da ampla liberdade da pessoa. Este contexto só é verdadeiro, entretanto, quando a escolha de se curvar a regras contratuais advém de uma aceitação verdadeiramente soberana e autônoma, motivo pelo qual a manifestação da vontade livre do contratante é elemento constitutivo de um contrato legalmente válido.

Apesar de tratar-se de negócio geralmente bilateral, o ato da manifestação de vontade do aceitante – também chamado de oblato, aquele a quem uma proposta contratual qualquer é direcionada – é declaração unilateral de vontade e configura direito potestativo deste em relação às condições contratuais colocadas pelo ofertante conforme art. 427 do Código Civil. Sua eficácia depende da inexistência de alteração das condições e da tempestividade na apresentação (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 179-180), eis que a colocação de novas condições constituirá, em regra, nova proposta.

Esta estruturação básica das regras de aceitação consagra o princípio do consensualismo, o *consensus ad idem* ou *meeting of minds*, mundialmente reconhecido como formador dos direitos dos contratos: a mera concordância das partes resulta em formação de contrato válido, exceto se houver um requisito legal específico quanto à formalidade ou um impedimento afeito à legalidade dos pontos já colocados relacionados ao objeto e à capacidade (CAPISIZU, 2019, p. 661).

De forma unânime, a bilateralidade (ou plurilateralidade) é considerada característica inafastável do contrato. Tal bilateralidade é associada à manifestação complementar de vontade entre as partes contratantes, que se unem para formar um objetivo comum em relação às obrigações e direitos conjuntamente associados (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 46), e não se encontra em negócios jurídicos unilaterais, como um testamento, ou situações em que há a soma de dois negócios unilaterais.

Encontra-se na bilateralidade, de certa maneira, a ideia do consenso (DINIZ, 2003, p. 24) ou concordância (MIRANDA, 2012) entre as partes em relação às suas

manifestações de vontade, conceito associado aos contratos tanto no direito brasileiro como nas decisões tomadas num contexto jurídico afeito ao *common law*<sup>95</sup>.

Para o direito, as manifestações bilaterais de vontade que compõem o consenso podem ser explícitas ou implícitas. Muito embora o ditado “quem cala consente” não se aplique aos contratos, especialmente desacompanhado de comportamentos e contextos em que a manifestação de vontade possa ser presumida, é certo que a manifestação de vontade pode ser presumida (GOMES, 2008, p. 60). A única distinção entre as duas manifestações de vontade (expressa e presumida) é a prova: uma é provada com o próprio contrato, e outra com as circunstâncias e ações das partes (BEACH, 1897, p. 772)

A doutrina contratual sobre aceitação e manifestação da vontade aplica significativo esforço para discussão das manifestações consideradas tácitas ou presumidas, em que as ações ou omissões do contratante permitem a inferência de que os termos negociais foram aceitos, ainda que não tenha havido expressa assinatura ou concordância na forma de um instrumento contratual (GOMES, 2008, p. 60; TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 123; BEACH, 1897, p. 772).

Se por um lado tal discussão parece inaplicável à aceitação no contexto de *smart contracts*, dado que a manifestação de vontade neste necessariamente deve ser expressa, pela inserção dos dados pessoais e senha eletrônica para registro dos termos no *blockchain*, o assunto pode ser relevante quando eventuais lides sobre vícios de consentimento em *smart contracts* chegarem ao judiciário. Todos os parâmetros utilizados para reconhecer a existência de um contrato dada suposta aceitação tácita podem também fundamentar a negativa de pagamento de perdas e danos em uma lide envolvendo *smart contract* em que se alegue ter havido vício de consentimento na assinatura, caso a postura dos contratantes tenha sido conducente aos objetivos e termos do negócio. Esta, entretanto, parece-nos a única aplicabilidade do tema aos *smart contracts*.

Ainda no contexto da manifestação explícita da vontade, parece-nos que discussão acerca da teoria do comportamento social típico (LARENZ, 1956) e sua aplicabilidade são irrelevantes no que toca à discussão do *smart contracts*, tendo em vista a formalidade decorrente da necessária assinatura por meio de chave eletrônica que muito se afasta dos tradicionais exemplos da mencionada teoria (“o passageiro que só é percebido pelo

---

<sup>95</sup> “Para ser legalmente exequível, um contrato deve ser factualmente apoiado por uma oferta, uma aceitação, consideração e consentimento mútuo.” Tradução livre do original: “To be legally enforceable, a contract must be factually supported by an offer, an acceptance, consideration, and mutual assent” (Hartbarger v. Frank Paxton Co., 115 N.M. 665, 1993).



cobrador ao final da viagem deve pagar?”). Da mesma forma, também se entende como muito afastada da hipótese dos *smart contracts*, e, portanto, irrelevante para o estudo, as teorias das relações jurídicas de fato (ASCARELLI, 1962). Assim, estas vertentes do debate acerca da manifestação de vontade não serão aprofundadas.

A licitude quanto à vontade depende de uma análise do contrato em contraposição à legislação. Não é possível fundamentar a decisão sobre o que constitui um negócio jurídico lícito meramente no acordo que foi formado entre as partes, bem como determinar se um *smart contract* foi ou não assinado como consequência de fraude ou coação não é algo que pode ser feito apenas consultando o Código Civil, sem se analisarem as circunstâncias e contexto do negócio jurídico.

A manifestação de vontade, para que seja legalmente exigível, deve ser livre, sendo que podem-se identificar diversas situações em que a formação do consenso encontra vícios: por exemplo, em uma incongruência entre as suposições do aceitante e a realidade dos fatos, a enunciação da vontade em situação de perigo ou em situação de coação – nestas hipóteses, o consentimento não foi livre, ou a desigualdade entre os contratantes foi ilegal (AZEREDO, 2014, p. 158), sob a égide da teoria da confiança adotada pelo Código Civil, hipóteses em que se identifica vício de consentimento a impedir a formação de contrato exigível. Aponte-se que tais hipóteses de erro ou dolo aplicam-se até mesmo em caso de contratos formados por sistemas de inteligência artificial (AZEREDO, 2014, p. 202).

Voltando-nos aos *smart contracts*, em uma primeira análise, nada impede que a aceitação contratual seja expressa por meio de código ou linguagem técnica. De certa forma, os *smart contracts* são concluídos de forma similar aos demais contratos eletrônicos, com aplicação das regras relacionadas a contratos entre ausentes ou contratos à distância, problemas que existem e são debatidos desde os primórdios da sistematização do direito contratual<sup>96</sup> – temos, assim, que eventual regulamentação dos *smart contracts* podem se beneficiar de normas já postas quanto à validação de assinaturas eletrônicas.

---

<sup>96</sup> A título de exemplo, mencione-se a curiosa discussão sobre a validade da aceitação em contrato entre ausentes quando a carta era extraviada pelo correio, ao que se poderia equiparar um erro no *software* que não reconhece a aceitação: “Ao entrar assim na formação de contratos celebrados por pessoas distantes umas das outras através dos correios ou por cartas trocadas de qualquer outra forma, surgem novos pontos, e torna-se necessário considerar quando tal acordo está concluído, e se é essencial que a pessoa que enviou a oferta saiba que ela foi aceita. [...] O caso acabou chegando à Câmara dos Lordes. O chanceler disse que a exceção foi que o júri foi instruído que se os litigantes postassem sua aceitação no devido tempo de acordo com os usos do comércio, eles não seriam responsáveis por quaisquer acidentes nos correios. Isso levantou a questão de saber se o atraso da carta, não por ato do escritor da carta, mas por um acidente relacionado com o correio, deveria privá-lo do direito que teria existido se a carta tivesse chegado no devido tempo. Ele não podia conceber que o ponto fosse duvidoso. Se um homem fizesse tudo o que podia, não seria

Desde o crescimento do comércio eletrônico, da década de 1990, que o uso de assinaturas eletrônicas é realizado de forma cada vez mais frequente para a criação e modificação de direitos. Este assunto encontra-se atualmente bem debatido na legislação e jurisprudência, com regras específicas para a validade das assinaturas eletrônicas e, de forma geral, o reconhecimento da sua validade.

Em 1999, nos Estados Unidos da América, a Lei Uniforme de Transações Eletrônicas (*Uniform Electronic Transactions Act*) foi implementada e criou regulações claras quanto à validade de contratos e assinaturas eletrônicas. Na União Europeia, a Lei 593/2008 (“Roma I”), legislação aplicável às relações contratuais, determinam as normas para execução de contratos e assinaturas eletrônicas.

No Brasil, a Lei nº 14.063, de 23 de setembro de 2020, que sistematizou as regras para assinaturas eletrônicas no contexto de contratos firmados com entes públicos, criou três tipos de assinaturas eletrônicas: a assinatura eletrônica simples, que “permite identificar o seu signatário”; a assinatura eletrônica avançada, que não utiliza certificados emitidos pela ICP-Brasil, mas “está associada ao signatário de maneira unívoca”; e a assinatura eletrônica qualificada, que “utiliza certificado digital”.

Por certificado digital, entenda-se as regras de certificação da ainda vigente Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001, que traz desde aquele ano a notável regra de validade genérica de assinaturas eletrônicas não associadas à certificação, em seu art. 10, §2<sup>o</sup><sup>97</sup>, requerendo apenas que as partes admitam o seu uso – essencialmente

---

necessário mais. Se o uso do comércio fosse enviar a resposta a tal oferta pelo correio, e a parte enviasse sua aceitação no próprio dia, ele não fez tudo o que era obrigado a fazer, e poderia ser responsabilizado por aquilo sobre o qual ele não tinha controle? Se esse for o princípio, ele deve valer quando a carta for destruída ou roubada ao passar pelos correios, e nunca chegar ao destinatário.” Tradução livre do original: In thus entering on the consideration of contracts made by persons at a distance from each other through the post-office or by letters interchanged in any other way, new points arise, and it becomes necessary to consider when such an agreement is complete, and whether it is essential that the person who mailed the offer should know that it has been accepted. [...] The case ultimately came before the House of Lords. The Chancellor said the exception was that the jury were directed that if the plaintiffs posted their acceptance in due time according to the usage of trade, they were not responsible for any casualties in the post-office. This raised the question whether the letter being delayed, not by the act of the writer but by an accident connected with the post, should deprive him of the right which would have existed if the letter had arrived in due course. He could not conceive that the point was at all doubtful. If a man did all he could, more should not be required. If the usage of trade was to forward the answer to such an offer by means of the post, and the party mailed his acceptance on the proper day, did he not do everything that he was bound to do, and could he be made responsible for that over which he had no control? If such be the principle, it must hold good when the letter is destroyed or stolen in passing through the post-office, and never reaches the person to whom it is addressed” (HARE, 1887, p. 344; 353-354).

<sup>97</sup> “Art. 10. [...] §2º. O disposto nesta Medida Provisória não obsta a utilização de outro meio de comprovação da autoria e integridade de documentos em forma eletrônica, inclusive os que utilizem certificados não emitidos pela ICP-Brasil, desde que admitido pelas partes como válido ou aceito pela pessoa a quem for oposto o documento.”

validando todos os tipos de assinatura eletrônica quando há possibilidade de comprovação do *meeting of minds*.

No caso dos *smart contracts*, é possível que a assinatura seja simples, avançada ou qualificada, mas na maioria das vezes os *blockchains* obrigam apenas o uso e conhecimento das chaves pública, privada e senhas de acesso. Dessa forma, trata-se, em nossa visão, de assinatura eletrônica avançada, eis que está associada ao signatário de maneira unívoca – muito embora o ‘signatário’, como já visto, não é uma pessoa, mas uma chave eletrônica. Caso interprete-se a legislação para entender que o signatário deve ser uma pessoa física identificável, a assinatura por meio de senha e associada a uma chave eletrônica não seria nem ao menos uma assinatura eletrônica simples, mas provavelmente cumpriria o requisito de “admitido pelas partes como válido” previsto na Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001, garantindo seu encaixe legal.

Especificamente, no procedimento eletrônico de aceitação, os *smart contracts* têm certa similaridade com os contratos do tipo *click-wrap*. De fato, sob a perspectiva eletrônica, já afirmamos que os *click-wrap agreements* são considerados válidos, tanto no Brasil (CARNEIRO, 2020) como em outros países<sup>98</sup>. Suas vantagens, normalmente associadas aos menores custos de transação para o momento da aceitação, não escapam de severas críticas no sentido de que sua arquitetura altera o comportamento dos aceitantes dos contratos para ignorar a análise intelectual dos termos contratuais e responder a meros estímulos de resposta físico, sem consideração quanto às consequências (FRISCHMANN e SELINGER, 2018), resultando em contratantes que abdicam de seus direitos, conscientemente ou inconscientemente (RADIN, 2014)

Inobstante, parece razoável arguir que os problemas comportamentais associados ao mero “clique” não se aplicariam aos *smart contracts*, na medida em que a assinatura eletrônica obriga um comportamento mais consciente por parte do oblato. Em um *smart contract*, presume-se que as partes apresentem sua aceitação pela digitação de uma senha pessoal (LUESLEY, 2019, p. 163). A mesma senha é capaz de realizar qualquer tipo de operação no *blockchain*, e sua colocação é, portanto, ação mais deliberada que um mero clique, motivo pelo qual entendemos este ato ser mais similar à aposição de uma assinatura eletrônica do que um clique. De fato, para as análises sobre *smart contracts* realizadas no mundo por juristas, tende-se a fazer uma analogia entre as assinaturas

---

<sup>98</sup> Ver o julgamento ProCD, Inc. v. Zeidenberg (1996), no sentido de que contratos aceitos na forma *click-wrap* são válidos, a menos que seus termos sejam ilegais por outros motivos de direito contratual. Ver também a legalidade sob a perspectiva do direito de propriedade intelectual em Cohen (1998).

eletrônicas tradicionais e as assinaturas utilizando criptografia assimétrica no contexto de *blockchains* distribuídos (CAPISIZU, 2019, p. 665).

Como a firma é aposta por meio de assinatura eletrônica, também se prevê o problema da falta de possibilidade de verificação da capacidade do assinante no momento da assinatura, algo que é possível com o reconhecimento de firma por autenticidade. Por outro lado, esta modalidade está em desuso, especialmente após a promulgação da Lei nº 13.726/2018 (denominada “Lei da desburocratização”), e, de certa forma, os problemas e riscos de prova associados a uma assinatura eletrônica em contrato ou em *smart contract* realizada em um momento de incapacidade – por exemplo, com um contratante embriagado – seriam relativamente similares aos enfrentados atualmente em assinaturas eletrônicas.

Importante apontar que senhas podem ser roubadas, interceptadas ou utilizadas sem a permissão do proprietário, e não existe, necessariamente, uma solução probatória clara para a demonstração de que uma senha foi utilizada por uma pessoa específica. Sob a perspectiva da execução dos termos pelo sistema, este fato é considerado irrelevante: se a senha foi utilizada, a operação será executada, e, em *blockchains* abertos e distribuídos, não poderá ser desfeita ou cancelada.

Como visto, o contrato em si, em algumas situações exploradas em que a manifestação de vontade não foi perfeitamente livre e consciente, pode ser considerado legal, mas a obrigação contratual é inexigível e o contrato, portanto, é ineficaz para a formação de direitos objetivada. Entretanto, a diferenciação entre contratos legais, válidos ou eficazes é inexistente no contexto de *smart contracts*, bem como não existe hipótese de inexigibilidade. A mera formação completa do *smart contract* no *blockchain* gera um domínio de consequências inescapáveis, que resultarão na execução automática das obrigações ali previstas.

Assim, numa circunstância de utilização irregular ou ilegal de uma senha para aceitação dos termos de um *smart contract*, parece-nos que a única solução efetiva seria o ajuizamento de ação para requerer a restituição dos danos causados, já que a opção de interromper o cumprimento automatizado não é viável.

Sob a perspectiva substantiva da vontade no momento da aceitação, ratificamos que há vantagens – a quase garantia da execução nos termos contratados – e desvantagens – a linguagem formal, o anonimato e a ausência de revisão *ex post*. Se umas ou outras são mais relevantes, esta análise dependerá do caso e dos motivos subjacentes para a realização do contrato.

O assunto merece uma digressão para apontar uma situação notadamente única ao *blockchain*: a depender da tecnologia utilizada, é possível que a perda de uma senha signifique a impossibilidade de exercer a manifestação da vontade em relação aos ativos eletrônicos associados a um endereço no *blockchain*, e existem inúmeras histórias de terror de pessoas que perderam suas senhas e acesso a centenas de milhões de dólares em ativos (POPPER, 2021).

No *blockchain*, pode haver um problema único: a impossibilidade de manifestação da vontade pela perda de uma senha ou um token – o que equivaleria a impedir que uma pessoa possa executar contratos no mundo real. Se, como propusemos no início do capítulo, a capacidade de se submeter a regras contratuais é componente indissociável das liberdades constitucionais fundamentais, então um *blockchain* que não ofereça solução para uma senha perdida seria, de certa maneira, inconstitucional.

Para conclusão, considere-se a hipótese em que um erro na interpretação, elaboração ou execução do código faz com que os termos acordados entre as partes sejam diferentes das obrigações executadas dentro do *blockchain*. Nesta situação, parece ter havido erro mútuo em relação ao consenso, que deveria levar à anulação do contrato – impossível no *blockchain* (LUESLEY, 2019, p. 165) –, devendo, pois, ser também resolvido por meio de perdas e danos ou pela atuação conjunta dos contratantes para inserção de ordens inversas ao contrato no *blockchain* para o seu desfazimento.

Assim, com relação à aceitação de forma especificada, a disrupção dos *smart contracts* também é significativa. Se não quanto à instrumentalização da aceitação em si, a que se pode fazer uma analogia aos contratos eletrônicos, sob outros aspectos, adjacentes à aceitação: a identificação dos contratantes, a impossibilidade de se expressar a aceitação em casos de senhas perdidas e nas situações em que o erro na formação da vontade levaria ao desfazimento do contrato encontramos os principais desencontros entre os *smart contracts* e a legislação vigente para contratos.

#### **2.2.4. Intangibilidade territorial, conflitos entre contratantes e resolução de disputas em *smart contracts***

Conforme princípio do *locus regit actum*, previsto no art. 9º da Lei de Introdução às Normas do Direito Brasileiro, para qualificar e reger as obrigações, aplica-se a lei do país em que se constituírem as referidas obrigações, e o §2º complementa o ponto com a regra geral de que a obrigação resultante do contrato se reputa constituída no lugar em que residir o proponente.

Paralelamente, o art. 435 do Código Civil afirma que o contrato reputar-se-á celebrado no lugar em que foi proposto – entretanto, esta trata-se de norma dispositiva supletiva, aplicável apenas na falta de disposição expressa em contrário das partes no próprio contrato.

Este sistema já foi considerado insuficiente e inadequado aos contratos meramente eletrônicos, especialmente no tocante a relações envolvendo hipossuficientes, como é o caso das relações de consumo. De fato, “a determinação da lei aplicável com base no local da sede do fornecedor ou do local em que está hospedada a página da oferta prejudicaria a tutela do consumidor” (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 182-183) – ora, no mundo contemporâneo, um fornecedor pode hospedar sua página em qualquer país que desejar, e este provavelmente será escolhido a partir da sua leniência em relação a leis que aumentam os seus próprios riscos, resultando em menor proteção ao consumidor.

Nesta hipótese, a doutrina aplica uma interpretação de natureza funcional, que considera os princípios constitucionais de tutela do consumidor e do hipossuficiente para a adoção do princípio do fluxo do comércio (“*stream of commerce*”) (MARTINS, 2010, p. 105), que trata como vigente e aplicável a lei do país onde o produto ou serviço é disponibilizado e utilizado. Basicamente, parte-se do fato de que o ofertante assumiu o ônus de viabilizar a oferta a um país específico (SCHREIBER, 2014, p. 95). Este princípio não seria suficiente para aplicar a lei brasileira em hipóteses em que um consumidor adquiriu um produto no exterior e o trouxe ao Brasil, mas sim em situações em que um consumidor brasileiro adquiriu do fornecedor o produto via comércio eletrônico e o recebeu no Brasil.

Como os *smart contracts* funcionam em conjunto com um livro-razão distribuído há questões jurisdicionais a serem consideradas ao lidar com eles. Por exemplo, em caso de conflito, onde está localizado o livro-razão distribuído, se não há um banco de dados central? Quais jurisdições são responsáveis quando um livro-razão é compartilhado em

todo o mundo ou quando não há como prever quais computadores em uma rede global executarão as instruções atribuídas aleatoriamente incluídas em um *smart contract*?

É certo que um dos fatores disruptivos que contribui para a complexidade da regulamentação eficaz de *smart contracts* é o fato de que estes são controlados por computadores situados em vários países.

*A priori*, quando a plataforma *blockchain* é formada pela primeira vez, os participantes podem incluir uma cláusula nos seus termos de uso de maneira a especificar a lei que regerá a plataforma e todos os *smart contracts* relacionados.

Para que os *smart contracts* sejam discutidos em juízo com segurança, a especificação da lei de controle e o foro para resolução de disputas precisam ser devidamente declarados e acordados pelas partes em que *smart contract* é firmado.

Os participantes podem acordar quanto aos termos legais fundamentais no momento da construção da plataforma ou da adesão ao seu uso, dependendo da escala da plataforma *blockchain*, como resolução de disputas, lei aplicável e foro (O'SHIELDS, 2017, p. 191). Muitas dessas questões discutidas, como a localização da plataforma, dos *smart contracts* e das transações, entram em jogo no estabelecimento da lei de controle e local se não houver um acordo claro.

Entretanto, deve-se analisar o fato de que esta disrupção não está reduzida a uma questão de escolha do foro ou da lei de regência, mas à própria diminuição do poder dos Estados soberanos tradicionais diante de um ciberespaço distribuído mundialmente e praticamente imune às medidas tradicionais de força estatal. Em termos de governança, os ecossistemas em rede apresentam a possibilidade de derrubar os pontos tradicionais de controle exercidos por Estados-nação soberanos (JOHNSHON e POST, 1996).

Este problema de diminuição do poder estatal perante uma rede mundial de computadores descentralizados foi identificado antes da possibilidade ou previsão da existência dos *smart contracts*, e relaciona-se com o próprio uso de contratos eletrônicos associados a uma eficiente rede de logísticas e pagamento mundial: não é claro como os governos locais e territoriais podem utilizar seu poder para estruturar ou gerenciar o ciberespaço (RADIN e WAGNER, 1998).

A questão, que se associa à impossibilidade do oferecimento de soluções nacionais para problemas cosmopolitas (BECK, 2016), é ainda mais protuberante quando se lembra que os *smart contracts* são insindicáveis – estamos efetivamente diante do que se parece com um mercado negro inacessível à governabilidade estatal.

Tomemos algumas analogias para ilustrar as questões extranacionais que se apresentam diante dos *smart contracts* e como sua dimensão extrapola os riscos comumente relacionados aos contratos eletrônicos.

Se um consumidor decide ir até um país vizinho ao Brasil para realizar a aquisição de bebidas alcólicas com preços suspeitosamente baixos e, ao retornar ao Brasil, descobre que aquelas bebidas são falsificadas, não há recurso jurídico oferecido pelo estado brasileiro para solução do problema. O consumidor, ao se dirigir ao outro país e comprar as bebidas naquela circunstância, assumiu os riscos daquela viagem e não pode exigir que o Estado vizinho solucione seu problema. Conquanto não possa depender do Brasil, o consumidor tem a possibilidade de iniciar uma demanda no país vizinho, por meio de suas instituições, e buscar a retribuição legalmente devida.

Se um consumidor, utilizando um VPN<sup>99</sup>, adquire um serviço online que será integralmente utilizado de forma eletrônica e este cessa seus serviços sem a entrega completa dos termos contratados, os problemas territoriais são maiores. Deverá se verificar onde estavam hospedados os serviços contratados, e em nome de qual pessoa ou empresa, bem como se a utilização do VPN violou as regras do serviço ou do país a ponto de impedir a busca por ressarcimento. Ainda que difícil, a busca pela identificação e localização do responsável é teoricamente possível e os recursos estatais podem ser utilizados para tanto, embora de forma menos eficiente.

E quanto aos *smart contracts* registrados em um *blockchain* aberto, público e de livre acesso? Tomemos uma hipótese em que um consumidor firma um *smart contract* e encontra um problema jurídico – digamos, de forma dolosa, um indivíduo oferece a aquisição de direitos futuros de um criptoativos, mas se utiliza de uma ferramenta maliciosa para enganar o oblato em relação ao número de criptoativos oferecidos *vis-à-vis* o preço pago; ou seja, os termos contratuais foram ilegalmente modificados para enganar o adquirente. Nesta hipótese, é como se o consumidor tivesse se dirigido a um país em que as instituições não existem, como o velho-oeste estadunidense ou uma quase anarquia com representação direta e regras imutáveis aplicadas de forma inexorável, para a realização do seu negócio jurídico.

Há doutrinadores (KATSH e RABINOVICH-EINY, 2017, p. 12-22) que defendem o ponto de que a tecnologia, por si só, não é capaz de solucionar e resolver disputas criadas pelo próprio uso da tecnologia. Realmente, as instituições nacionais

---

<sup>99</sup> *Virtual Private Networks* são ferramentas que têm como objetivo, dentre outros, mascarar a localização física ou a possibilidade de identificação do usuário do sistema.



parecem ser ineficientes para oferecer uma solução ao problema, pois não tem o poder de intervir naquele outro Estado virtual – um verdadeiro mercado negro imune à interferência estatal. Restaria, portanto, ao consumidor escolher um “Estado virtual” (*blockchain*) com regras de governança mínimas que ofereça a ele segurança, pois estas serão as únicas com as quais ele poderá contar.

Para superar esse problema e, simultaneamente, proteger os princípios constitucionais aplicados aos consumidores, é necessário desenvolver uma estrutura legal que regerá os *smart contracts* (DUROVIC, 2018), mas este esqueleto normativo precisa encontrar reflexo transnacional, quando externo ao *blockchain*, tendo em vista que soluções nacionais não terão o alcance necessário para oferecer alívio ao legalmente ofendido. Sob a perspectiva de solução de questões de âmbito penal, pela regulamentação e poder de polícia, as regulações terão de ser internacionais para que alcancem resultados eficientes (FELICIANO, 2020, p. 176).

De outro lado, no âmbito da solução de ilícitos civis, e agora voltando-nos mais aos conflitos envolvendo contratantes, e não necessariamente a uma regulação de caráter público, soluções de conflito erigidas no interior do próprio *blockchain* parecem ser uma interessante alternativa encontrada para lidar com os problemas da intangibilidade territorial e do próprio anonimato.

Os modelos tradicionais e nacionalistas de heterocomposição parecem ser insuficientes para tratar as particularidades das disputas envolvendo *smart contracts*. *Smart contracts* requerem o desenvolvimento de mecanismos de reparação que permitam que as disputas sejam resolvidas sem a necessidade de as partes deixarem seus ambientes digitais ou a necessidade de entrar com ações judiciais em um tribunal de justiça tradicional – assim, o problema da intangibilidade territorial seria ao menos mitigado.

Novos tipos de relações contratuais podem exigir o desenvolvimento de novos modelos de resolução de disputas como resultado. É aqui que a arbitragem inteligente pode ser capaz de substituir os procedimentos convencionais de resolução de disputas judiciais. Apesar do fato de que as transações executadas em um *blockchain* não podem ser revertidas, existem métodos para incluir flexibilidade adicional no sistema. Desfazer uma transferência exige comprometer a integridade de todo o sistema, o que não é desejável *a priori*. Um *smart contract*, por outro lado, pode incluir lógica na arquitetura do código que permite exceções ou condições suspensivas ou resolutivas. Meios de solução de conflitos podem ser incluídos no processo de execução automática do *smart contract*. Há que se preocupar, entretanto, se a descentralização e a eficiência que tornam

os *smart contracts* atraentes em teoria não são perdidas quando essa flexibilidade é programada e alcança os limites funcionais do código (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 335-336).

Para esse fim, é necessária uma forte colaboração entre advogados, de um lado, e profissionais de informática, matemática e criptografia, de outro, para o avanço da solução de conflitos em *smart contracts*. Como os *smart contracts* são descentralizados e executados na tecnologia blockchain, é fundamental delinear o mecanismo de resolução de disputas desde o início. Se um acordo mestre de resolução de disputas for a melhor escolha, ele pode garantir que a mesma legislação e método de resolução de disputas sejam seguidos em toda a rede de *blockchain*, ou ao menos em países específicos. Estamos aqui diante de uma solução transnacional para os conflitos encontrados em um sistema também cosmopolita.

Soluções de resolução de conflito online (“ODR”) parecem ser uma boa combinação para *smart contracts*, especialmente se forem embutidas no próprio *blockchain* (*on-chain*), porque funcionam da mesma maneira e no mesmo formato que os *smart contracts*. Os procedimentos de reparação podem ser incluídos diretamente nos próprios contratos e solucionados dentro da plataforma *blockchain*, sem a necessidade de intervenção de um tribunal (SCHMITZ e RULE, 2019, p. 122). É possível incluir uma cláusula no processo de criação de *smart contract* que especifica o uso de um sistema alternativo de resolução de disputas dentro daquela plataforma de *software* no caso de uma disputa surgir. Se tecnologia estiver integrada à plataforma utilizada para criar o *smart contracts*, a cláusula pode se tornar vinculante no mesmo momento da criação do *smart contract*.

A adjudicação *on-chain* é associada a duas novas modalidades principais de estruturação para resolução de conflitos – as transações multi-assinatura (*multi-signature transaction*) e o acordo coletivo (*crowdsourcing*).

O primeiro – *multi-sig* – é uma forma simplificada de solução similar a um *escrow* (conta garantia) manual, operada por um humano, em que uma carteira de ativos digitais possui três chaves – duas para os contratantes e uma para um terceiro imparcial. As assinaturas de duas chaves privadas são necessárias para transferências, ou seja, em caso de conflito, o terceiro imparcial solucionará a controvérsia pela autorização ou não com sua própria assinatura.

O segundo – *crowdsourcing* – parte da atribuição do poder de adjudicação a um grupo de pessoas dentro do sistema para decisão de um conflito. Em formatos mais

simplificados, também é possível definir um adjudicar individual, situação em que a forma de resolução seria mais similar aos métodos tradicionais de arbitragem eletrônica, diferentes apenas por estarem inseridos no próprio sistema *blockchain*.

Exigir que as partes retenham um valor de depósito em custódia, ou garantido por uma seguradora, durante a vigência do *smart contract* é outro método de garantir eventuais disputas, muito embora somente viável em situações específicas, dado o alto custo. Além disso, o dinheiro depositado pode ser liberado em fases, dependendo da conclusão de objetivos pré-determinados (SCHMITZ e RULE, 2019, p. 123).

Deve-se sempre ter em mente que incluir um árbitro ou adjudicador humano em um *smart contract* pode ajudar a resolver questões ambíguas para as partes, mas, eventualmente, esta intervenção acaba transformando o *smart contract* em um contrato tradicional com uma cláusula de arbitragem, anulando as supostas vantagens do *smart contract*, inclusive com a mitigação da própria automatização negativa.

Sanitt (2018, p. 62) considera os procedimentos de resolução de disputas integrados aos *smart contracts* e a arbitragem diretamente integrada ao *blockchain*, minimizando o atrito entre o *blockchain* e o mundo real, como uma das leis fundamentais para o desenvolvimento de uma plataforma de *smart contracts* de sucesso; complementamos que esses procedimentos seriam fundamentais para uma plataforma segura e que pretende acesso e adoção ampla. Os consumidores e contratante precisam ter segurança de que eventuais disputas poderão ser resolvidas de forma eficaz, mas sem violação aos seus direitos, como contraditório e ampla defesa.

Se usada em *smart contracts*, a cláusula de solução de conflito *on-chain* pode funcionar de forma semelhante ao Sistema Andon (LIKER, 2020). O Sistema Andon é um componente do processo de controle de qualidade Jidoka, desenvolvido no Japão pela Toyota e introduzido em todo o mundo – nele, é dito que todo funcionário em uma linha de manufatura tem o poder de pressionar um botão que fará com que a linha pare caso detectem um problema. Um *smart contract* com uma cláusula de resolução de conflitos embutida pode permitir que ambas as partes cliquem em um botão similar para interromper a execução do *smart contract*, iniciando assim o processo de resolução de conflito. Em seguida, o procedimento pode ser implementado de acordo com o acordo prévio das partes (decisões autocompositivas ou heterocompositivas, por uma pessoa ou *crowdsourced*). Se o resultado desejado for alcançado, o *smart contract* pode continuar funcionando da mesma maneira que antes, ou pode ser tornado inativo e substituído por

um novo acordo que também será programado em um *smart contract* e armazenado no *blockchain*.

Limitações de tempo podem ser incluídas no processo e sanções impostas aos indivíduos que se aproveitam da capacidade de interromper a execução de *smart contracts*. Além disso, pode haver restrições sobre quando as partes têm permissão para usar a interrupção (SCHMITZ e RULE, 2019, p. 123) ou quantas vezes por contrato uma parte poderia utilizar o mecanismo.

Já existem diversas empresas e tecnologias que oferecem soluções em diferentes formatos com funções parecidas às sugeridas – analisemos algumas que estão funcionando.

Sagewise<sup>100</sup> é uma *start-up* que tem como objetivo oferecer uma infraestrutura de resolução de disputas para conflitos contratuais de *smart contracts* por meio do uso de inteligência artificial. Uma cláusula codificada é usada para incorporar a tecnologia em um *smart contract*, em que os usuários podem predefinir parâmetros como ‘quando’ e ‘por quanto tempo’ o *smart contract* deve ser adiado, bem como quem será responsável por resolver quaisquer divergências que possam surgir. Como resultado, se surgir um desacordo, uma das partes pode usar esta disposição para interromper a execução do contrato e ativar um ‘Modo de Resolução de Disputas’. A empresa comercializa seu produto focando nas vulnerabilidades dos *smart contracts*, afirmando em seu site que “*smart contracts* são propensos a erros de codificação e vulnerabilidades de segurança”, de maneira que “as partes precisarão alterar, modificar e rescindir seus *smart contracts*”.

OpenBazaar era um *marketplace* de código aberto, sem taxas, para venda de produtos e serviços que aceitava moedas virtuais como forma de pagamento, mas também requeria, obrigatoriamente, arbitragem online para garantir que as transações entre as partes fossem realizadas com menor risco. Ela permitia que os usuários selecionassem desde o início se desejavam que um terceiro anônimo analisasse o contrato e o pagamento e determinasse se as partes acham que cada uma das partes cumpriu com suas responsabilidades, adjudicando divergências. A plataforma não conseguiu suficiente suporte econômico para se mostrar economicamente viável e encerrou as atividades em meados de 2021.

Kleros<sup>101</sup> é um tribunal de arbitragem online de *crowdsourcing* criado no *blockchain* Ethereum com o objetivo de resolver disputas decorrentes de *smart contracts*.

---

<sup>100</sup> <https://www.f6s.com/sagewise>

<sup>101</sup> <https://kleros.io/>

Em contraste com a arbitragem online tradicional, a resolução de disputas utilizando o método de *crowdsourcing* que permite que usuários anônimos votem em vencedores em uma disputa em *blockchain*. Os adjudicadores, ou jurados, votam usando moeda virtual que perderão se estiverem do lado perdedor do caso, enquanto os adjudicadores ou jurados do lado vencedor são compensados. Como resultado, é estabelecido um mercado para resultados potencialmente corretos de resolução de *crowdsourcing*. A Kleros parte da tese de Thomas Schelling (1960) de que, na falta de comunicação e confiança, os indivíduos escolheriam "pontos focais"<sup>102</sup> para chegar a um acordo.

Similarmente à Kleros, a Aragon Court<sup>103</sup> também faz uso de resolução de disputas online do tipo *crowdsourcing*. O *blockchain* Aragon tem como objetivo construir acordos que as partes podem executar através do uso da plataforma Ethereum, depositando garantias na forma de ativos digitais (os "ANT"). Os membros Aragon concordam em empregar o método de arbitragem online da Aragon para resolver conflitos, com algumas divergências ao sistema de *crowdsourcing* da Kleros, especialmente no que toca à inclusão de um modelo envolvendo a reputação dos jurados e incentivos para evitar que os jurados possam ser subornados.

A plataforma *blockchain* EOS<sup>104</sup> desenvolveu, dentro de sua 'Constituição' e com base nos votos dos usuários, suas Normas para Resolução de Litígios ('*Standards for Dispute Resolution*') (EOS, 2021), que descrevem os princípios éticos essenciais para os fornecedores de resolução de litígios, bem como definem publicamente o procedimento de resolução de litígios para quaisquer problemas que possam surgir no futuro. Os órgãos reguladores da EOS são responsáveis por fazer cumprir as Normas e, se for descoberto que algum provedor violou as Normas, eles podem estar sujeitos a suspensão, penalidades ou expulsão do mercado de provedores. Os padrões exigem que os provedores de resolução alternativa de disputas sejam imparciais, isentos de conflitos de interesse, competentes, justos e transparentes, bem como se dediquem a manter a confidencialidade das partes envolvidas.

A plataforma Jur<sup>105</sup>, gratuita, igualmente resolve disputas por meio do uso de *crowdsourcing* no *blockchain* Polkadot. Propõe de forma especial o que chama de um

---

<sup>102</sup> "As pessoas muitas vezes podem conciliar suas intenções ou expectativas com os outros, se cada um souber que o outro está tentando fazer o mesmo." Tradução livre do original: "People can often concert their intentions or expectations with others if each knows that the other is trying to do the same" (SCHELLING, 1960, p. 57)

<sup>103</sup> <https://aragon.org/aragon-court>

<sup>104</sup> <https://eos.io/>

<sup>105</sup> <https://jur.io/>

estrato constitucional para a Web 3.0, com uma interessante visão no sentido da necessidade de responsabilização dos participantes do *blockchain*, com uma ampla rede de normas e o que chama de “embaixadas” capazes de garantir a responsabilização fora do *blockchain* por meio de parcerias com cortes, Estados e instituições financeiras de inúmeros países.

A ideia das embaixadas da plataforma Jur traz consigo outra novel possibilidade em um mundo transformado: a possibilidade de que soluções internas ao *blockchain* (*on-chain*) robustas o suficiente sejam sancionadas por Estados como formas de legalização dos *smart contracts*, como é o caso da arbitragem e sua validação pelo legislativo e pelo STF<sup>106</sup>. Neste âmbito, uma das dificuldades na implementação da solução alternativa de conflito é determinar se ela pode ser incluída no *smart contract* como o único meio de resolver uma lide, como é o caso da arbitragem tradicional, excluindo o poder judiciário da possibilidade de revisão da questão.

Parece-nos que, no caso da União Europeia, há espaço para argumentar que a atribuição de método de solução alternativa *on-chain* como única forma de solução do conflito seria ilegal, por violar o item 1.(q) do anexo à Diretiva 93/13/EEC, que estabelece ser ilegal qualquer cláusula que exclua ou obstaculize o direito de um consumidor de manejar ação ou qualquer recurso judicial ou que obriga o consumidor a submissão exclusivamente a arbitragens “não abrangidas por disposições legais”. No passado, a norma já foi interpretada em sentido amplo, para considerar nulas cláusulas arbitrais sempre que a arbitragem não contenha normas especiais de proteção ao consumidor (Elisa María Mostaza Claro v. Centro Móvil Milenium SL, caso C-168/05, 2006).

De outro lado, nos Estados Unidos da América, decisões da Suprema Corte indicam que a Lei de Arbitragem deve ser interpretada de forma a permitir às partes larga liberdade para escolher a lei de regência de duas disposições, ainda que em contratos de consumo (DirecTv, Inc. v. Imburgia e outros, No. 14–462, 2015). Por analogia, parece razoável supor que cláusulas de arbitragem *on-chain* exclusivas seriam consideradas válidas naquele país, assim como no Brasil, tendo em vista o posicionamento e fundamentação do STF sobre o tema no tocante à arbitragem.

De toda forma, a grande vantagem de embutir a solução de conflito no próprio código do *smart contract* é a garantia de que a exequibilidade daquela decisão ocorrerá,

---

<sup>106</sup> Os ministros do Supremo Tribunal Federal decidiram que os mecanismos da Lei da Arbitragem, com entendimento firmado no julgamento de recurso em processo de homologação de Sentença Estrangeira (SE 5.206).

à exceção de algum erro ou problema no código (DUROVIC, 2018) – esta alternativa não depende de um Estado para sua exequibilidade, ou seja, a corte para resolução do conflito se encontra no mesmo ambiente que o próprio *smart contract*. Uma solução transnacional e virtual para um problema que possui as mesmas características.

### 2.3. A aniquilação da adjudicação, da revisão, da integração *ex post* e da rescisão dos contratos

O contrato pode ser definido como “o acordo entre a manifestação de duas ou mais vontades, respeitadas todas as leis aplicáveis, destinado a estabelecer uma regulamentação de interesses entre as partes, com o objetivo de adquirir, modificar ou extinguir relações jurídicas de natureza patrimonial” (DINIZ, 2003, p. 8).

Essa definição não parece inteiramente satisfatória, já que requer uma definição subsequente para tornar-se aplicável: sob quais circunstâncias a lei aplica, de fato, exequibilidade a um contrato? Pode-se arguir que incluir essa resposta na definição de contratos implicaria resumir todo o direito de formação e execução dos contratos em uma única frase, o que seria inviável (WILLISTON, 1936, p. 1). De toda forma, um detalhe importante que não pode passar despercebido é o fato de que a exequibilidade contratual não é verificada *ex ante*, apesar da definição parecer indicar que contratos eventualmente julgados não exequíveis pelas cortes não seriam, de fato, contratos.

Muito ao contrário, já em 1909 reconhecia-se que um contrato é um acordo “que se destina a ser exequível por lei<sup>107</sup>” (EARL OF HALSBURY, 2008 [1909]) – ou seja, está a se observar a intenção das partes no que toca à sua vontade de que aquelas obrigações sejam, futuramente, reconhecidas como juridicamente vinculantes. Este ponto pode ser confirmado, de certa maneira, no direito brasileiro, a partir da leitura do art. 112 do Código Civil<sup>108</sup>.

Como referência histórica, mencione-se que a exclusão das promessas em relação às quais não se havia intenção de exequibilidade do conceito de contrato remonta à distinção entre *contractus* e *pactum* realizadas pelo direito romano e introduzidas posteriormente tanto no direito positivo como no *common law* (POLLOCK, 1936, p. 8).

Sob a perspectiva jurídica, vemos que os contratos se tornam relações capazes de gerar direitos sem que sejam submetidos a controle *ex ante* de validade jurídica<sup>109</sup>, o que

---

<sup>107</sup> Tradução livre do original: “A contract is an agreement made between two or more persons which is intended to be enforceable at law” (EARL OF HALSBURY, 2008 [1909], grifos nossos).

<sup>108</sup> “Art. 112. Nas declarações de vontade se atenderá mais à intenção nelas consubstanciada do que ao sentido literal da linguagem.”

<sup>109</sup> O assunto foi julgado recentemente nos Estados Unidos da América: “Uma vez que um tribunal conclui que uma promessa é legalmente exequível de acordo com o direito contratual, ele concluiu implicitamente que o promitente pretendeu manifestamente que o tribunal cumprisse sua promessa.” Tradução livre do original: “Once a court concludes a promise is legally enforceable according to contract law, it has implicitly concluded that the promisor has manifestly intended that the court enforce his promise” (Barnes v. Yahoo!, Inc, 570 F.3d 1096, 2009).



é reconhecido pelas próprias partes contratantes. Muito embora a legislação contratual estabeleça inúmeras regras e requisitos constitutivos do contrato, o poder público não assegura sua observação *ex ante*: o controle é feito apenas *ex post*, e exclusivamente na hipótese de existir uma demanda neste sentido. A ordem contratual, nesse sentido, é uma ordem privada (LOUREIRO, 2002, p. 23), porque gera efeitos concretos independentemente de uma intervenção estatal.

A *contrario sensu*, exercitando sua hegemonia da liberdade individual, pessoas podem realizar promessas que parecem conter os elementos necessários para a caracterização de um contrato, mas em que o contexto prova que não havia busca por subordinação legal (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 52), os chamados “pactos de honra” (ROPPO, 1988) ou “promessas meramente aspiracionais” (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 340), definidos como promessas que não tinham o objetivo de criar vínculos jurídicos.

Como exemplo de um pacto de honra, pense-se em alguém que promete comparecer a um jantar entre amigos e levará a lagosta; em troca, seu grande amigo utilizará sua *expertise* culinária para cozinhá-la à perfeição. O não comparecimento do indivíduo, ou seu esquecimento de levar o prometido crustáceo, provavelmente não gerará consequências jurídicas. Imaginando uma situação relativamente similar, em que alguém contrate, mediante pagamento, um cozinheiro profissional para cuidar da alimentação de um grupo em um evento, a sua ausência possivelmente gerará obrigações juridicamente cobráveis. A diferença entre os dois casos era a intenção dos participantes em relação à submissão, ou não, a uma ordem jurídica vinculativa.

Identifica-se nos contratantes a intenção, o “sentimento” de que a obrigação é vinculante no sentido de que a sua violação geraria sanção institucional decorrente do ordenamento jurídico, independentemente da efetiva verificação ou ocorrência posterior de tal sanção (BOBBIO, 2003, p. 158).

Esse ajuste faz com que os contratos posteriormente identificados como inexecutáveis pelo judiciário sejam, ainda que *ex post* verifique-se um problema qualquer nessa subordinação obrigatória, teoricamente, contratos. Está-se, por conseguinte, definindo o contrato a partir da intenção das partes em relação à sua função no plano jurídico: criar, modificar ou extinguir direitos juridicamente vinculantes (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 50), ainda que os contratantes não tenham plena compreensão acerca da interpretação posterior a ser realizada pelas cortes sobre as obrigações assumidas.

Para que não haja dúvidas, interessa esclarecer que a atribuição de significado à intenção das partes com relação à sujeição à norma jurídica não se confunde com a valorização da chamada ‘reserva mental’. Assim dizendo, apesar do contexto e da intenção impactar a exequibilidade, exceções em relação ao contratado, especialmente no que toca ao seu conteúdo, são inoponíveis à outra parte se não houve manifestação expressa. Este princípio básico é encontrado tanto no direito brasileiro<sup>110</sup> como no *common law*<sup>111</sup>, inclusive historicamente<sup>112</sup>.

Ora, sob esta perspectiva o direito contratual tem outra dimensão, completamente dissociada das ideias já apresentadas e relacionadas a permitir que promessas sejam vinculantes, ou que pessoas possam exercer sua liberdade sujeitando-se a obrigações legais, em ambos os casos relacionada a nos forçar a mudar de ideia sobre o que queremos fazer no futuro. Esta outra dimensão avalia a justiça contratual após o fato, e não antes, partindo de uma atitude retroativa e determinando se uma parte prejudicou outra parte ao deixar de cumprir uma obrigação contratual.

Neste âmbito, o direito contratual é basicamente uma “instituição corretiva” (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 361): não orientada a produzir razões para a cooperação e cumprimento de promessas, mas simplesmente útil para resolver conflitos a partir das razões, contexto, promessas e obrigações já estabelecidos. O direito contratual exhibe sua natureza retroativa e corretiva na forma como espera a ocorrência de uma violação, o ajuizamento de uma ação e, muitas vezes, soluciona a questão por meio de indenização, não por meio da execução específica (CORNELL, 2016).

Retome-se o anteriormente citado exemplo de uma compra e venda online. De acordo com a *correspondence theory*, a atribuição de razões jurídicas para o cumprimento

---

<sup>110</sup> Conforme previsão expressa no Código Civil: “Art. 110. A manifestação de vontade subsiste ainda que o seu autor haja feito a reserva mental de não querer o que manifestou, salvo se dela o destinatário tinha conhecimento.”

<sup>111</sup> “É claro que uma reserva mental de uma parte em uma negociação não prejudica a obrigação que ela pretende assumir.” Tradução livre do original do *Restatement (Second) of the Law of Contracts*, §17: “It is clear that a mental reservation of a party to a bargain does not impair the obligation he purports to undertake” (AMERICAN LAW INSTITUTE, 1981)

<sup>112</sup> Conforme julgamentos clássicos do direito contratual estadunidense: “Um contrato não tem, estritamente falando, nada a ver com a intenção pessoal ou individual das partes. Um contrato é uma obrigação ligada pela mera força de lei a certos atos das partes, geralmente palavras, que normalmente acompanham e representam uma intenção conhecida.” Tradução livre do original: “A contract has, strictly speaking, nothing to do with the personal, or individual, intent of the parties. A contract is an obligation attached by the mere force of law to certain acts of the parties, usually words, which ordinarily accompany and represent a known intent” (*Hotchkiss v. Nat'l City Bank*, 200 F. 287, 1911). “Se suas palavras e atos, julgados por um padrão razoável, manifestam uma intenção de concordar, é irrelevante o que pode ser o estado real, mas não expresso, de sua mente.” Tradução livre do original: “If his words and acts, judged by a reasonable standard, manifest an intention to agree, it is immaterial what may be the real but unexpressed state of his mind” (*Lucy v. Zehmer*, 196 Va. 493, 1954).

daria às partes maior segurança de que as promessas por eles feitas, já moralmente vinculantes, estariam fortalecidas pelas sanções jurídicas. De outro lado, conforme a visão de que a promessa é forma de manifestação e hegemonia da liberdade individual, então o comprador e o vendedor têm o direito de exercer sua liberdade sujeitando-se a obrigações vinculantes de natureza jurídica, com o objetivo de garantir o consenso e solucionar problemas de confiança mútua. Temos aqui um direito contratual que acrescenta incentivos de natureza jurídica para o cumprimento de obrigações.

A nova dimensão ora apresentada é de um direito contratual construído para solucionar conflitos – resolver o problema da falta de pagamento pelo comprador, ou da não entrega dos bens pelo vendedor. Nesse âmbito, o contrato é uma ferramenta para a reclamação de uma das partes caso os compromissos adotados sejam violados. Mais: a violação do contrato, em si, não é necessariamente imoral, e a imoralidade ou moralidade da violação contratual depende de apreciação do caso concreto, mas ainda assim o Estado agirá com uma solução para o descumprimento legal (SHAVELL, 2005).

A literatura sobre contratos relacionais<sup>113</sup> há décadas já reconheceu que os contratos não são uma iteração única entre as partes seguida de cumprimento ou disputa judicial (MACNEIL, 1978), mas sim relações continuadas no tempo. Antes da assinatura, as partes antecipam o cumprimento das obrigações e os riscos assumidos; após a assinatura, as partes e as cortes devem interpretar, integrar, preencher lacunas e solucionar conflitos e divergências decorrentes de fontes internas e externas aos próprios contratos.

Estudos sobre o “descumprimento eficiente” também demonstram que, em muitos casos, a execução específica definitivamente não é a melhor alternativa para ambas as partes que se encontram com mudanças substanciais nos parâmetros originalmente contratados, especialmente por motivos externos (AYRES e GERTNER, 1970).

Os autores alinhados à análise econômica do direito diriam que, para além da determinação de exequibilidade a promessas e promoção da cooperação, também a prevenção e correção de falhas de mercado é objetivo fundamento do direito dos contratos. A prevenção e a correção de falhas de mercado, por sua vez, relacionam-se à intervenção estatal necessária por consequência da existência de custos de transação no mercado.

Pressupondo-se custos baixos para realização das operações e contratantes racionais no contexto da teoria econômica tradicional, os contratos firmados refletiriam um conjunto de incentivos para alteração de comportamentos de interesse de ambos os

---

<sup>113</sup> Sobre contratos relacionais ver Goetz e Scott (1981) e, no âmbito do direito brasileiro, ver Macedo Jr. (2007) e Freitas Filho (2009).

contratantes. Este contrato refletiria o que os contratantes buscam, e não seriam encontradas falhas, lacunas ou ineficiências a serem corrigidas pela regulação estatal (COOTER e ULEN, 2008, p. 231). O aumento dos custos de transação, por outro lado, implicaria existência falhas a justificar atuação das cortes para sua correção. Estes custos podem gerar falhas como externalidades, informações ausentes ou incorretas e monopólios. Falhas sérias requerem a intervenção do poder público para sua correção, resultando em limitação na capacidade de contratar e intervenção *ex post* em contratos.

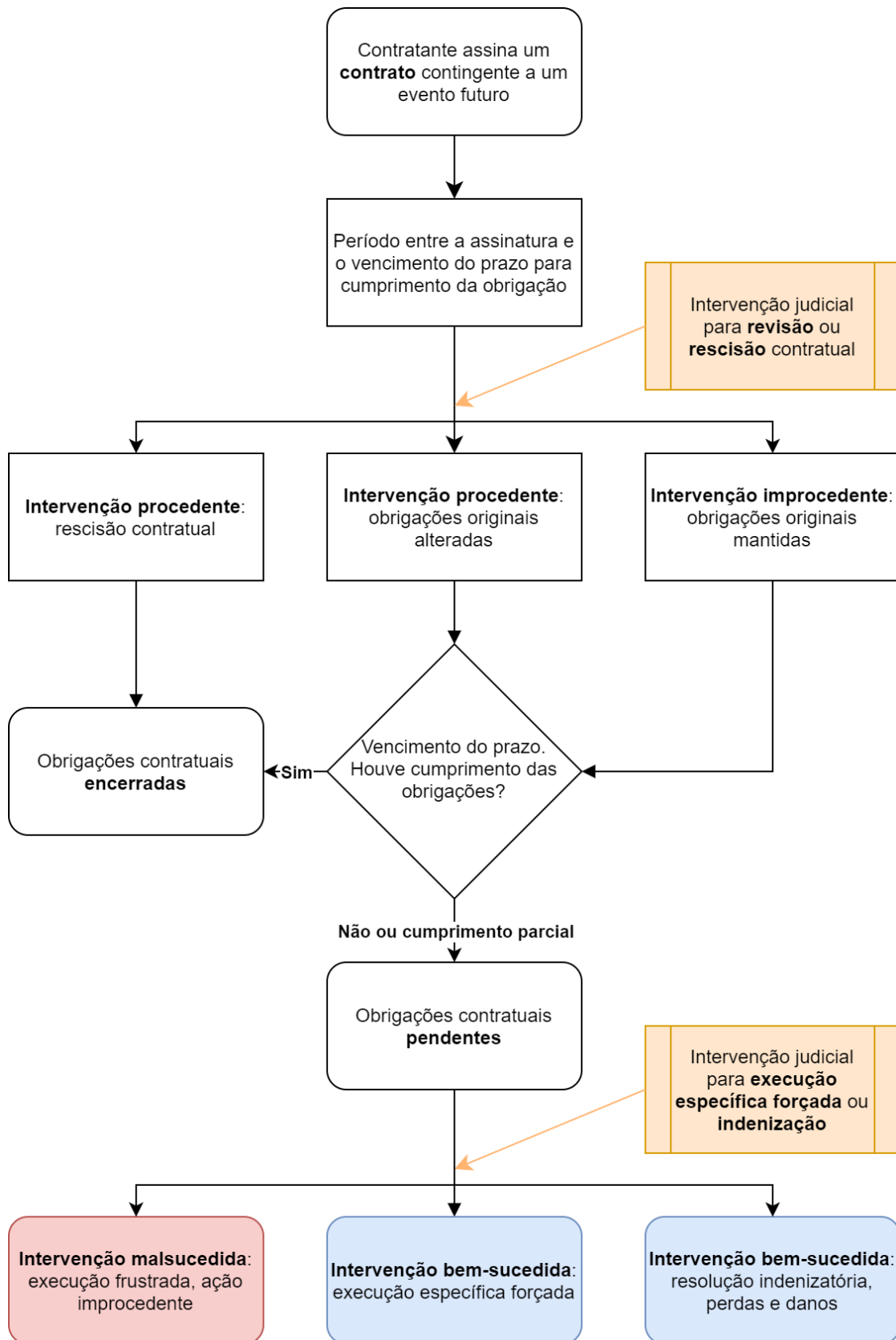
Assim, é importante ressaltar que o direito contratual intervém e sustenta os contratos para além de determinar quais acordos são exequíveis e quais não são. Em muitos casos, esse envolvimento exige a intervenção de um juiz para avaliar a essência do contrato *ex post*. Se o próprio contrato não oferece uma solução clara para uma questão ou disputa contratual, o judiciário será o decisor para este problema. Esta intervenção é necessária, em parte, pelos altos custos associados à elaboração de contratos totalmente abrangentes e compreensíveis.

Além disso, quando as cortes fazem essas avaliações, devem sopesar as expectativas promissórias de uma parte e a proteção do direito da outra parte de mudar de ideia, considerando também elementos externos, como mudanças factuais envolvendo as partes contratantes. Assim, princípios morais conflitantes são colocados uns contra os outros de uma maneira que não pode ser completamente resolvida apenas com base nas premissas da lei positiva, como se interpretação e princípios constitucionais não devessem ser levado em consideração. Isso significa que os juízes resolvem divergências contratuais por meio de decisões em parte políticas (VERSTRAETE, 2019, p. 774) – ou seja, o resultado não surge e nem poderia surgir diretamente do raciocínio dedutivo dos fatos e circunstâncias, mas considerando circunstâncias externas ao contrato em si.

Não há dúvidas de que a legislação contratual brasileira tem grande foco na apresentação de soluções *ex post* aos descumprimentos identificados, a duras consequências para a segurança da exposição de motivos e razões *ex ante*. A Lei nº 13.874/2019 tentou mudar este foco, esforçando-se de alguma maneira dar maior estabilidade às manifestações de vontade *ex ante*, mas parece-nos que os ajustes ao art. 421 e a inserção do art. 421-A no Código Civil foram insuficientes para alterar esta realidade, especialmente porque esta realidade é parte do tecido que compõe o direito contratual, no Brasil e no mundo.

Com o objetivo de ilustrar a dimensão da análise *ex post* do direito contratual, propõe-se o seguinte modelo simplificado:

**Imagem 11: Fluxograma da intervenção *ex post* em um contrato**



*Fluxograma elaborado pelo autor.*

Pergunta-se: há diferenças entre as funções dos contratos e dos *smart contracts* e dos tipos de problemas jurídicos podem ser solucionados por cada um deles nessa dimensão retroativa?

Temos que enquanto os contratos permitem flexibilidade *ex post*, os *smart contracts*, por sua vez, eliminam explicitamente o componente temporal das trocas entre as partes, ao aniquilar a incerteza em torno das futuras ações das partes quanto ao cumprimento ou descumprimento.

Funcionalmente, utilizando qualquer das teorias já apresentadas, o *smart contract* diverge quando torna a execução da contrapartida, apesar de diferida no tempo, inexorável. Antes, depender-se-ia de incentivos suficientes para que a obrigação fosse cumprida; agora, o incentivo é desnecessário, porque a execução é automática. Entretanto, e aqui está a grande diferença: a execução é automática e, ao mesmo tempo, diferida no tempo.

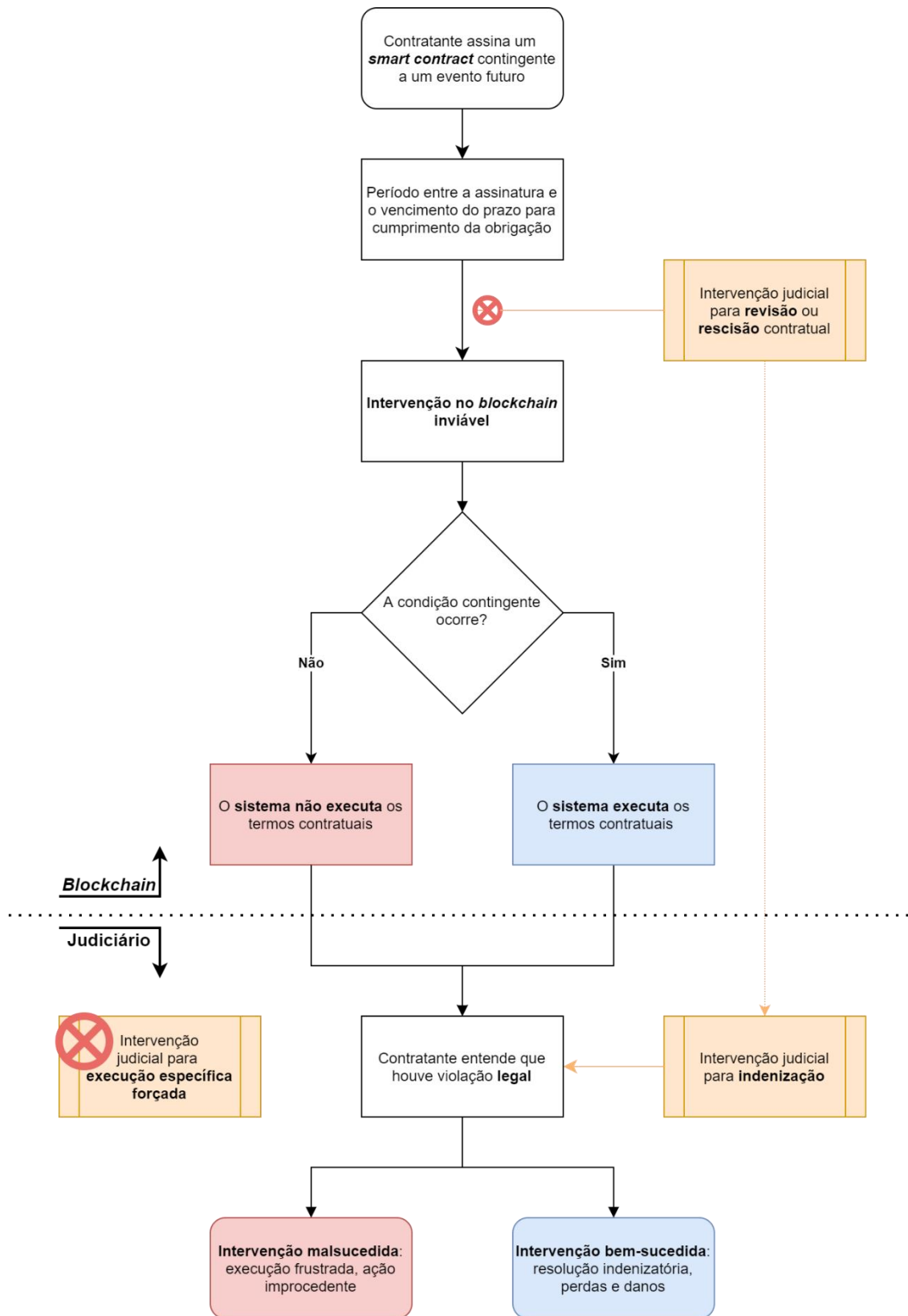
*Smart contracts* não operam com meras previsões, mas com certezas. É como se, de alguma maneira, o *smart contract* permitisse uma ‘viagem no tempo’, ao se dar conhecimento absoluta de fatos que ocorrerão no futuro.

As consequências dessa divergência funcional são múltiplas: vários pontos de integração e interpretação tradicionalmente aplicáveis necessitam de revisão para compatibilidade com o novo modelo.

Funcionalmente, os *smart contracts* afetam pessoas reais em um mundo afetado por problemas internos e externos temporalmente suscetíveis. Assim, é inevitável a conclusão de que os tipos de problemas encontrados em contratos tradicionais também serão encontrados em *smart contracts*. Contudo, a possibilidade de intervenção é diferente, porque em *ledgers* distribuídos, em regra, as cortes não terão a possibilidade de modificar o resultado e o cumprimento das obrigações contratuais.

Exploremos como poderíamos ilustrar a intervenção judicial *ex post* em *smart contracts*:

**Imagem 12: Fluxograma da intervenção *ex post* em um *smart contract***



*Fluxograma elaborado pelo autor.*

*Smart contracts* têm a capacidade de fazer cumprir contratos em substituição ao sistema jurídico. Entretanto, eles são substitutos apenas no sentido de um sistema de execução forçada, e apenas em certas circunstâncias. A execução automática permite que as partes de um *smart contract* garanta que seus compromissos mútuos sejam cumpridos sem o envolvimento de terceiros, mas não resolve qualquer das outras funções interventivas e de equalização do direito contratual e do judiciário.

Sobre a irreversibilidade, aponte-se que, caso estejamos tratando de um objeto digital e a propriedade deste objeto em si esteja prevista no *blockchain* – como é o caso de Bitcoins, por exemplo – seria impossível para uma corte desfazer o ato, e a intervenção judicial seria limitada à indenização por perdas e danos fora do *blockchain*. Por outro lado, em uma situação envolvendo oráculos em que o objeto negociado não se encontra programado no *blockchain* em si, então seria possível intervenções de desfazimento do negócio e retorno ao *status quo ante*, ainda que apenas após a execução ser finalizada pelo próprio sistema.

A mudança operada pelos *smart contracts* em relação à inversão da verificação da legalidade *ex post* para a garantia do cumprimento do código *ex ante* parece trazer algumas soluções, mas ao mesmo tempo criar diversas complicações que podem requerer intervenção judicial – e essa intervenção pode ser mais custosa e complexa do que em contratos tradicionais.



### 2.3.1. Judicialização de *smart contracts* e consequências da mitigação da adjudicação *ex post* dos contratos

O *smart contract* é um autômato. No contexto de *smart contracts* com automação negativa completa, tratamos de contratos em que o exaurimento é antecipado, um fato certo. Assinar um *smart contract* significa entrar em um corredor sem volta, porque o cumprimento da obrigação passa a ser um termo certo e irreversível. Para que as cortes tenham poder sobre o autômato, elas precisariam aniquilá-lo, o que é impossível, porque ele é distribuído.

A especificação dos direitos contratuais *ex ante* e a adjudicação *ex post* das consequências legais podem se fundamentar em fatos ou situações significativamente diferentes. Por outro lado, conceitos abertos, como justa causa ou força maior, que poderiam auxiliar em situações excepcionais de mudança do cenário fático são de difícil ou impossível codificação, tornando inviável a mitigação dos riscos de alteração fática tradicionalmente realizados em contratos. *Smart contracts* não são, pois, inteligentes o suficiente para realizar seu próprio ajuste com a mudança do cenário fático, e menos ainda quando há subjetividade no contexto a ser explorado.

Ocorre que as partes podem desejar alterar um contrato antes da execução dos termos, para seus próprios benefícios e por interesse de ambas as partes. Tais mudanças não são uma preocupação no direito contratual convencional, mas modificações desse tipo são problemáticas em *smart contracts*. Depois de executado e incluído no livro-razão, um *smart contract* torna-se automaticamente vinculativo e exequível, como já se viu. Assim, o código do *smart contract* teria que incluir explicitamente a capacidade de modificação dos seus termos como uma etapa intermediária antes da execução, ato que obviamente carrega custos de transação indesejados no contexto de um *smart contract*.

Dessa forma, criam-se alguns problemas relacionados a como desfazer ou anular *smart contracts* firmados, como as cortes podem responder a demandas envolvendo *smart contracts* e quais seriam as consequências da impossibilidade de revisão *ex post* de *smart contracts*.

Questões relacionadas a potencial exequibilidade jurídica de *smart contracts* perdem espaço: porque *smart contracts* são autoexequíveis, as cortes não precisarão aplicá-los ordenando danos ou execução específico. A maior necessidade será que os tribunais determinem se o *smart contract* era ilegal, total ou parcialmente.

Dado que um *ledger* no *blockchain* distribuído e aberto não pode ser alterado, transações julgadas ilegais pelas cortes permanecerão válidas na *blockchain*. Isso cria duas realidades: uma realidade digital e outra representada pela lei no mundo real (LUESLEY, 2019, p. 167). No reino digital do *blockchain*, o proprietário ilegal pode, no entanto, transferir ‘legalmente’ o ativo, dada a aplicabilidade das normas do código em contraposição às normas vigentes na legislação e impostas pelos juízos.

*Smart contracts* eliminam, à primeira vista, a necessidade de execução específica ou astreintes, utilizadas para obrigar o cumprimento de compromissos, bem como danos associados à compensação do não cumprimento da obrigação, que ocorre de forma automática, mas esses institutos são relevantes caso haja necessidade de revisão ou anulação do *smart contract*.

Considerando que os criptoativos estão geralmente associados às chaves criptográficas privadas dos participantes do *blockchain*, caso se consiga superar o obstáculo de identificação das partes, o desfazimento de operações somente pode ser realizado se atrelado a uma obrigação de fazer com multa na forma de astreintes a fim de forçar o réu a entregar a senha do seu computador ou a senha para operações naquele *blockchain*.

Caso não seja viável uma obrigação de fazer como proposto, apenas a resolução em perdas e danos mostra-se praticamente efetiva como solução para o problema das transferências ilegais de propriedade mantidas imutavelmente em um *blockchain* (e mesmo esta pode falhar se o réu, por exemplo, esconde todos os seus ativos no *blockchain*). Mundialmente, as cortes tendem a solucionar por meio da reparação em perdas e danos hipóteses em que a restituição de ativos transferidos ilegalmente é impraticável (LUESLEY, 2019, p. 168).

A impossibilidade de as partes cancelarem ou desfazerem a transação em espécie não exclui a possibilidade de restituição no futuro. Na prática, este tipo de solução ocorre o tempo todo no Direito – mesmo em situações em que a reversibilidade é possível, por vezes o judiciário entende que a solução em perdas e danos é mais fácil, adequada ou suficiente. Ainda que a opção da indenização não seja ideal, será, *a priori*, possível obter restituição judicial posterior em hipóteses em que um *smart contract* gere resultados *contra legem*, se for possível a identificação da contraparte.

Uma parte que pretenda desfazer os efeitos de um *smart contract* depois de executado e incluído no *blockchain* devido a ilegalidades deve recorrer ao sistema jurídico para fazê-lo. Isso implica que a parte prejudicada terá o ônus de provar que um

*smart contract* é inválido ou anulável, enquanto a parte que tentar impor um *smart contract* nulo ou anulável não teria nenhum ônus legal, eis que tem o código a seu favor. Se os *smart contracts* não puderem ser anulados, o papel do tribunal na interpretação de contratos e na execução ou pagamento será diminuído, mas o papel do tribunal em conceder soluções definitivas na forma de ressarcimentos decorrentes da rescisão contratual será expandido. Este papel dos tribunais na revisão contratual altera-se, de formas variadas, quando se consideram diferentes cenários envolvendo *smart contracts*.

Vale pensar que uma ação para cumprimento de obrigação contratual é significativamente diferente de uma ação indenizatória com objeto de recuperar danos causados pela ilegal entrega prévia de recursos ao outro contratante. Os pedidos de restituição são distintos daqueles decorrentes de uma quebra de contrato e, especialmente, os polos processuais encontram-se invertidos na comparação entre estes dois tipos de ação. A inversão processual é relevante na medida em que altera, também, o ônus probatório e os ônus processuais, sendo os primeiros atribuídos ao autor em relação às suas afirmações e os segundos adiantados pelo autor em relação às providências por ele próprio requeridas – como as custas iniciais em si. Em certos casos pode-se imaginar que há prejuízo indesejado ao autor da ação, mormente em cenários envolvendo hipossuficientes, violações de políticas públicas ou ações ilegais dolosas.

Quanto a erros ou fraudes relacionadas ao próprio instrumento, imaginamos que, se uma das partes contratantes ocultar ou disfarçar a verdadeira natureza de um código de *smart contract*, mesmo que o autor tenha a oportunidade de inspecionar o código, isso pode ser considerado uma espécie de vício oculto a gerar nulidade da execução, pois não é dever do receptor de uma declaração investigar se a afirmação é verdadeira ou não. Pelo contrário, a boa-fé dita que os termos apresentados expressamente devem ser claros em relação aos objetos, tanto assim que normas específicas impedem que redações confusas em contratos tradicionais vinculem contratantes hipossuficientes.

Neste contexto, a doutrina e jurisprudência relacionados a vícios redibitórios pode se tornar aplicável quando a apresentação de uma proposta e o código subjacente apresentarem divergências. Se apenas uma das partes estiver agindo de má-fé, a falha é unilateral, podendo levar a rescisão contratual se o erro estiver em uma oferta que foi aceita pela outra parte. Tal situação pode surgir se um oblato perceber que um *smart contract* que recebeu possui uma falha que pode ser explorada a seu favor e o aceitar imediatamente para evitar que a parte ofertante corrija o erro no código.

Interessante pensar, para efeito de identificar incompatibilidades e compatibilidades, no efeito que os *smart contracts* têm em relação aos institutos tradicionais dos direitos do contrato quanto à sua execução *ex post* e resilição.

No que toca a problemas ocultos de fato encontrados no objeto contratual, os vícios redibitórios, quando identificados, dão azo à possibilidade do manejo de uma entre duas ações edilícias voltadas para sua solução: a ação redibitória, que resulta no desfazimento do contrato, com a devolução do bem e das prestações já pagas, ou a ação estimatória, em que o preço do bem é abatido para compensar os problemas (LÔBO, 2006, p. 151). Ambas as ações envolvem intervenção contratual e, portanto, não seriam soluções viáveis em *smart contracts* em curso.

Uma vantagem potencial dos *smart contracts* é o baixo risco de evicção, especialmente se os bens estão contidos em um *blockchain* distribuído. A impossibilidade de intervenção estatal significa também que a evicção seria, em regra, inviável, motivo pelo qual garantias contra evicção em *smart contracts* não parecem úteis.

Outro instituto tradicional afetado pelos *smart contracts* é a boa-fé objetiva que, de forma geral, impõe aos contratantes o dever de agir de forma a cumprir as promessas firmadas e alcançar os objetivos econômicos delineados no negócio jurídico.

A doutrina brasileira, na esteira de autores estrangeiros, atribui à boa-fé tríplice função<sup>114</sup>: (i) função interpretativa; (ii) função restritiva do exercício abusivo de direitos; e (iii) função criadora de deveres anexos (WIEACKER, 1977). Importante apontar, entretanto, que a teoria da boa-fé de Wieacker depende, basicamente, da possibilidade de que um juiz intervenha em um contrato existente<sup>115</sup>.

---

<sup>114</sup> “a) La buena fe es considerada en primer lugar como una causa de exclusión de la culpabilidad en un acto formalmente ilícito y por consiguiente como una causa de exoneración de la sanción o por lo menos de atenuación de la misma. b) La buena fe es tenida en cuenta en segundo lugar como una causa o una fuente de creación de especiales deberes de conducta exigibles en cada caso, de acuerdo con la naturaleza de la relación jurídica y con la finalidad perseguida por las partes a través de ella. Las partes no se deben sólo a aquello que ellas mismas han estipulado o escuetamente a aquello que determina el texto legal, sino a todo aquello que en cada situación impone la buena fe. c) La buena fe es finalmente una causa de limitación del ejercicio de un derecho subjetivo o de cualquier otro poder jurídico.” (WIEACKER, 1977, p. 19)

<sup>115</sup> “a) El juez actúa en cumplimiento estricto del ordenamiento jurídico escrito y en virtud de su *officium iudicis* se limita a concretar el proyecto previamente establecido y planificado en la regulación legal [...]. b) El juez actúa con mayor libertad y *praeter legem*, cuando exige a las partes que en el ejercicio o defensa de sus derechos se comporten de manera justa. Desde el punto de vista histórico-dogmático, éste, era el campo ocupado por el concepto de la *exceptio doli*, con inclusión del *dolus generalis sive praesens* [...]. c) Finalmente, la aplicación del 242 se realiza *contra legem*, mediante la ruptura que de la jurisprudencia acomete hacia un nuevo Derecho judicial, que va más allá, tanto de la realización de un proyecto legislativo como de la salvaguardia del Derecho y la justicia en el comportamiento concreto de las partes.” (WIEACKER, 1977, p. 51)

Em relação à primeira função – critério hermenêutico –, os *smart contracts* atuam de forma efetivamente contrária: isso porque a execução acontecerá na forma exatamente escrita na linguagem formal, desconsiderando totalmente o sentido econômico (CONSTANZA, 1989) e potencialmente beneficiando e prejudicando partes em decorrência da linguagem contratual. Igualmente, no quesito da restrição ao exercício abusivo de direitos, todas as funções como *venire contra actum proprium*, *supressio* e *surrectio e tu quoque* (SCHREIBER, 2016) estão ausentes de uma execução automatizada.

Em todas as funções, tem-se que o reduzido espaço de intervenção judicial nos *smart contracts* faz com que este princípio perca parte de sua potência. Aliás, a própria teoria da confiança (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 69-70) parece perder espaço, na medida em que a confiança aqui foi depositada em um terceiro absolutamente imparcial: a máquina.

Uma das linhas mais duramente afetadas pelos *smart contracts* é a teoria da imprevisão, ou teoria da superveniência, relacionado à onerosidade excessiva, segundo a qual fatos posteriores ao fechamento do contrato que gerem desequilíbrio contratual justificam sua revisão ou rescisão. Mesmo que erros ou vícios sejam evitados, é possível que as partes se surpreendam com uma situação específica que se desenvolva durante a performance contratual. Os contratos geralmente carecem de especificidade, pois não há como saber o que acontecerá em cada cenário potencial (HART, 1988). Quando a representação contratual do objetivo das partes não é clara, os tribunais podem realizar a interpretação e integração contratual, essencialmente preenchendo os espaços em branco para levar em considerações o novo e inesperado cenário. Este método, em regra, está fora de questão com um *smart contract*.

Originalmente, a teoria encontrava requisitos mais rígidos para aplicação, como a possibilidade de se considerar a existência de condições não desenvolvidas no contrato (WINDSCHEID, 1930), mas que faziam parte de sua base como uma representação mental relacionada à existência e permanência de certas circunstâncias estruturantes do negócio jurídico (OERTMANN, 2019 [1906]). Estes critérios foram progressivamente sendo flexibilizados (MIRANDA, 2012, p. 293), com a consideração de condições mais subjetivas e de ordem econômico-social, como a inflação (LARENZ, 2003 [1956]), relevantes o suficiente para justificar a revisão contratual.

Nas situações em que há vulnerabilidade especial de uma das partes – como no caso dos contratos de consumo –, os critérios de revisão são ainda menos exigentes, considerando-se fatos subjetivos relacionados à esfera pessoal do consumidor

(RODRIGUES JUNIOR, 2006, p. 209), como superendividamento, perda de emprego e problemas de saúde na família (BUCAR, 2017), como elementos que justificam a revisão contratual. Importa acrescentar que há críticas à expansão considerada exagerada da teoria da imprevisão (MARINO, 2020).

Internacionalmente, tem-se a ideia das cláusulas de *hardship*, fundamentada na *lex mercatoria* (MARTINS-COSTA, 2010), que considera plausível a revisão contratual diante de eventos imprevisíveis que afetem, de forma significativa, a economia contratual. No Brasil, os requisitos para justificar a revisão ou rescisão com base na teoria da imprevisão parecem ser mais fluidos que em contratos internacionais, mas ainda assim demanda acontecimentos imprevisíveis e vantagem excessiva de uma das partes (MARTINS-COSTA, 2003, p. 245).

Como resultado de situação que gere necessária aplicação da teoria da imprevisão, tinha-se a resolução contratual como solução principal (PEREIRA, 2014 [1963], p. 149), mas dado o interesse das partes e a função social do contrato (TARTUCE, 2014, p. 169), justificou-se a alternativa da revisão das cláusulas contratuais (POTTER, 2009, p. 174) para senão alcance do reequilíbrio contratual original, ao menos o afastamento de vantagens consideradas excessivas (NASSER, 2011, p. 168), inclusive como solução preferencial para o cenário, tendo em vista o chamado princípio da conservação do contrato<sup>116</sup>.

De toda forma que se olhe, a absoluta impossibilidade da aplicação da teoria da imprevisão aos *smart contracts* é preocupante: no limite máximo, pelo potencial de violação dos parâmetros sociais aplicáveis aos contratos e aos seus participantes, notadamente os hipossuficientes e aqueles que tem vulnerabilidade legalmente presumida; no limite mínimo, em cenários em que os próprios contratantes possam ter interesse em revisar as condições contratuais em decorrência de fatos extraordinários.

Outra hipótese absolutamente impensável antes do conceito dos *smart contracts* é a possibilidade de que a indenização contratual seja deferida por uma corte antes mesmo do cumprimento da obrigação, se este cumprimento não pode ser impedido e ocorrerá de forma garantida pela execução do código no *blockchain*. Este cenário dependeria, é claro,

---

<sup>116</sup> Neste sentido, o Enunciado n. 367 da IV Jornada de Direito Civil – CEJ/CJF: “Em observância ao princípio da conservação do contrato, nas ações que tenham por objeto a resolução do pacto por excessiva onerosidade, pode o juiz modificá-lo equitativamente, desde que ouvida a parte autora, respeitada sua vontade e observado o contraditório” e o Enunciado n. 176 da III Jornada de Direito Civil – CEJ/CJF: “Em atenção ao princípio da conservação dos negócios jurídicos, o art. 478 do Código Civil de 2002 deverá conduzir, sempre que possível, à revisão judicial dos contratos e não à resolução contratual”.

da passagem suficiente de tempo com *smart contracts* para que sua inexorabilidade fosse absorvida social e juridicamente como fato, mas certamente parece-nos uma imagem possível, quem sabe dentro dos próximos trinta anos.

A noção de que, nos casos em que o promitente pode se beneficiar com o seu incumprimento do contrato, é preferível encorajar o promitente a desistir das suas responsabilidades – ou seja, de que o inadimplemento contratual pode ser eficiente –, é explorada pela doutrina contratual há décadas (BIRMINGHAM, 1970), sendo bastante desenvolvida no direito contratual estadunidense (ADLER, 2008) e internacional (MORRISON, 1997). No Brasil, o desenvolvimento acadêmico da teoria do inadimplemento eficiente vem recebendo atenção e já se reconhece a sua compatibilidade com o direito pátrio e a sua efetiva aplicação por cortes nacionais (MARTINS, 2019; SANTOLIM, 2016).

De acordo com a doutrina apresentada, denominada originalmente “*efficient breach*”, as partes só deverão cumprir suas obrigações quando isso beneficiar a elas próprias e à sociedade como um todo mais do que o descumprimento. Nesse caso, o direito contratual tomaria uma decisão de cunho social no sentido de promover a eficiência e a utilidade global às custas do descumprimento contratual (KLASS, 2014, p. 362).

Dada a teoria, tem-se que um *smart contract* pode gerar resultados pouco eficientes sob a perspectiva econômica, seja na visão de uma ou de ambas as partes, mesmo que funcione exatamente como planejado pelo código, eis que o não cumprimento das obrigações contratuais pode ser um resultado desejado em determinadas situações. A título de exemplo, em uma construção de imóvel atrasada, contratos com os fornecedores ou executores de acabamentos, que dependem da construção, podem ser mais eficientes para os contratantes se não cumpridos, ainda que haja reembolso ou pagamento de multas. Ademais, se o direito dos contratos deve promover a eficiência e, inclusive, o descumprimento eficiente, então os *smart contracts* podem agir de forma contrária aos objetivos legais, ao impedir o descumprimento por escolha dos contratantes.

Também afetadas profundamente pelos *smart contracts* são as tradicionais formas de extinção contratual.

As formas tradicionais de sistematização da extinção dos contratos encontram bastante diversificação terminológica (GOMES, 2008, p. 202; MIRANDA, 2012, p. 365), mas, de forma geral, apontem-se: (i) a resilição, decorrente de manifestação unilateral de vontade por previsão legal ou contratual (GOMES, 2008, p. 226); (ii) o distrato,

convenção bilateral para extinção da obrigação contraída (BEVILAQUA, 1896, p. 150), ou ao menos da eficácia contratual (AGUIAR JÚNIOR, 2004, p. 71), podendo regulamentar os efeitos da dissolução da forma como preferirem (ASSIS, 2004, p. 60); e, (iii) a resolução por inadimplemento, que depende de determinação judicial prévia (AGUIAR JÚNIOR, 2004, p. 254);

A resilição e distrato são possíveis nos *smart contracts* que embutem cláusulas de solução de conflitos *on-chain* envolvendo a paralisação da execução e o seu desfazimento, em todos os outros casos, não são opções viáveis aos contratantes de *smart contracts*. Curioso verificar que a legislação exige que o distrato seja feito pela mesma forma exigida para o contrato, porque no caso dos *smart contracts*, esta seria efetivamente a única forma de intervir no mesmo: se houve uma possibilidade no código que permita o seu desfazimento.

Por sua vez, a resolução contratual por inadimplemento, prevista legalmente e considerada cláusula tácita em todo tipo de contrato, é quase um alienígena no mundo dos *smart contracts*: o inadimplemento é palavra desconhecida da autoexecução em código. Vale comentar, entretanto, que a lei possibilita que a vítima do inadimplemento escolha entre a resolução e a exigência do cumprimento (TERRA, 2017, p. 138) – de certa forma, é como se a parte do *smart contract* escolhesse antecipadamente o cumprimento específico em todas as hipóteses.

Finalmente, e ainda relacionado à inadimplência, temos a exceção de contrato não cumprido, defesa utilizada pelo contratante demandado contra o inadimplente (PEREIRA, 2014 [1963], p. 142) a fim de permitir que este suspenda os efeitos do negócio para evitar prejuízos econômicos decorrentes da falta de reciprocidade total ou parcial (LOPES, 1959, p. 303), ou seja, permitindo que o contratante deixe de cumprir a obrigação que tinha, até que a sua contraparte cumpra a sua obrigação.

Este instituto é aplicável aos *smart contracts* de forma automática em contratos recorrentes ou com pagamento parcelado, sendo o lado oposto da moeda da execução automática: o não pagamento de uma parcela geraria a imediata interrupção do cumprimento contratual, como na contratação de um carro alugado, um quarto por um período específico ou ainda no contexto da anedota apresentada na introdução da tese. Nos *smart contracts* com pagamento antecipado, o inadimplemento é impossível, assim como a exceção de contrato não cumprido.



Ainda sobre o tema, interessa analisar as hipóteses doutrinárias e jurisprudenciais em que a exceção de contrato não cumprida é ilegal e, portanto, *a contrario sensu*, situações em que uma eventual suspensão executiva pelo código seria ilícita.

A doutrina, de forma mais ou menos pacífica, considera que a exceção de contrato não cumprido não pode ser aplicada quando afetar a coletividade ou a sociedade de forma negativa, devendo ser interpretada da forma mais compatível com a Constituição Federal (SALLES, 2019). Com igualdade, o Superior Tribunal de Justiça entende, por exemplo, que não se admite a suspensão do fornecimento de energia elétrica em hospitais inadimplentes, diante da supremacia do interesse da coletividade<sup>117</sup>. Neste sentido, parece-nos que um *smart contract* que fornecesse serviço de interesse público estaria vetado de realizar a suspensão automática em caso de falha no pagamento – estrutura incompatível com *smart contracts* e que faz crer que este tipo de contratação seria de difícil utilização para prestação de qualquer serviço público.

No que diz respeito à interpretação de contratos pelas cortes e as vantagens da textura aberta da linguagem natural, uma das principais vantagens teóricas dos *smart contracts* encontra-se numa exequibilidade automática e, portanto, imune às interpretações contratuais definidas por juízes, o que protegeria a liberdade das partes em contratar e ter os termos contratualmente definidos executados perfeitamente. A premissa aqui, entretanto, é de que a textura semântica e a liberdade interpretativa das cortes são aspectos negativos do direito contratual, o que não nos parece necessariamente verdadeiro.

Dirigismo contratual é o nome dado à tendência de maior controle qualitativo da formação, integração e execução, não só pelas cortes, mas também por agências e órgãos públicos de fiscalização de variadas vertentes. Esse controle se manifesta na forma de revisões contratuais significativas aplicadas com fundamento em cláusulas abertas e conceitos indeterminados, como é o caso da integração ou rescisão contratual com base na função social do contrato (AGUIAR e GOBBO, 2014), tornando o contrato um fenômeno cada vez menos privado e individual e mais público. Parte da doutrina argumenta que este movimento é inevitável e irreversível, uma consequência da necessidade de balanceamento do desequilíbrio e desigualdade gerados pelos sistemas capitalistas (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 65).

O fato de as regras contratuais, nos *smart contracts*, estarem expressas por meio de código compatível com automatização não impede, necessariamente, sua interpretação

---

<sup>117</sup> Ver EREsp 854.982/RJ, Relator Ministro Luiz Fux (BRASIL, 2009).

– embora impeça a intervenção jurisdicional com objetivo de revisar ou alterar a execução das normas programadas *ex ante*. Regras de verificação associadas à razoabilidade, proporcionalidade, adequação, congruência e coerência (PERLINGIERI, 2008, p. 604) continuam sendo verificáveis, entretanto, de forma limitada, haja vista a matematicidade inerente à linguagem computacional e as variabilidades interpretativas da linguagem natural.

Ainda que descrevam suas decisões como se fossem o resultado de mera aplicação direta do conteúdo legal, os juízes tomam suas decisões fundamentadas em uma mistura de padrões legais e princípios abrangentes. Como resultado, os princípios jurídicos servem tanto como guia, como fonte de informação ou justificativa para aqueles que tomam decisões, havendo ligação direta entre a textura aberta da linguagem e sua ligação ao contexto social (PERLINGIERI, 2008, p. 93). Ao inviabilizar este uso, os *smart contracts* constituem um afastamento do atual sistema de tomada de decisões judiciais.

Os tribunais fazem julgamentos levando em consideração as políticas públicas e a sociedade para diferenciar o que seria coerção legal e ilegítima, uma vez que todos os contratos são formas de compulsão mútua. A liberdade contratual não é baseada em premissas exclusivamente jurídicas (HALE, 1920), eis que a distribuição de recursos dentro do sistema de direito privado será alterada em função da escolha sobre quais formas de coação contratual são legais. Decisões acerca de quais tipos de contrato devem ser revistos, bem como quais situações justificam revisão contratual para a teoria da imprevisão, sob a perspectiva de onerosidade excessiva, possuem impacto social de cunho político e distributivo, ainda que indireto.

De fato, juízes não aplicam a norma a partir de uma interpretação precisa e matemática da lei, mas tomam decisões com base, também, na realidade social dos resultados, guiados pelos parâmetros legais e constitucionais (LLEWELLYN, 2015 [1960]).

Após o registro no *blockchain*, os *smart contracts* obrigam as partes a cumprir suas promessas, independentemente das consequências. Ocorre que existem certos deveres contratuais legais que não podem ser cumpridos porque sua natureza coercitiva supera os benefícios de sua existência – por exemplo, nas hipóteses de cláusulas abusivas, onerosidade excessiva ou desequilíbrio superveniente.

Ressaltemos que o sistema jurídico contratual, incluindo os microssistemas, não é totalmente privado, e inclui preocupações de ordem de políticas públicas. Os *smart*

*contracts*, ao ignorar estas normas, criam um sistema com interesses e alocações de risco diversas daquelas desenvolvidas pelo processo político.

Usar *smart contracts* para permitir uma exequibilidade completa a todos os tipos de promessas é uma escolha política e social em si, em que as normas de limitação são criadas por omissão legislativa (VERSTRAETE, 2019, p. 774). Em um conflito entre os princípios de aderir às obrigações contratuais e os princípios relacionados a limitações a essas obrigações – como a função social do contrato – os *smart contracts* priorizam os primeiros, parecendo, pois, mais próximo de teorias contratuais que associam exequibilidade a autonomia individual e, nos Estados Unidos da América, com as teorias jurídicas ligadas à era de *Lochner*, que consideravam extensa parte da intervenção pública no âmbito privada como ilegítima – intervenção governamental poderia gerar problemas, mas a omissão não era criticada (SUNSTEIN, 1987, p. 874).

A Constituição de 1988 privilegiou um sistema mais protetivo e interventivo, em que leis especiais se aplicam a diversas relações jurídicas privadas (TEPEDINO, 2008, p. 13), na forma de estatutos específicos: Código de Defesa do Consumidor, Estatuto do Idoso, Estatuto da Pessoa com Deficiência e Estatuto da Criança e do Adolescente são alguns exemplos. Essa escolha reflete a particularidade das estruturas de proteção e equilíbrio consideradas necessárias para estes microssistemas, e em relação às quais os *smart contracts*, por enquanto, encontra-se externo.

No limite, para os teóricos mais afeitos às teorias de constitucionalização do direito privado, dada uma desigualdade entre os contratantes, seja ela de qual natureza for, a busca por um reequilíbrio para proteção da parte mais frágil teria fundamento constitucional, tendo em vista sua vulnerabilidade e o princípio constitucional de dignidade da pessoa humana, sendo as relações de consumo um dos principais exemplos em que este tipo de intervenção é necessária (TEPEDINO, KONDER e BANDEIRA, 2020, p. 114).

Ainda que se possam ter restrições quanto aos posicionamentos mais extremos no que toca à necessidade de intervenção estatal em contratos, a análise do funcionamento do direito contratual demonstra que em diversas situações a possibilidade de intervenção judicial pode gerar resultados mais desejáveis, não somente sob a perspectiva social (VERSTRAETE, 2019, p. 789), como no contexto da pura eficiência utilitarista para as partes envolvidas.

Considerando, de toda forma, que um *smart contract* não é capaz de superar o judiciário no tocante à capacidade de interpretação e adjudicação *ex post*, *smart contracts*

parecem ser um tipo de contrato que tem maior utilidade quanto mais os problemas acomodam-se nas decisões jurídicas *ex ante* e menos na solução, integração, interpretação e revisão *ex post*.

### 2.3.2. Automação negativa em contratos de consumo e *contractware*

Fairfield (2014, p. 43) argumenta que usar *smart contracts* que contornem o sistema legal é benéfico para os consumidores, pois teriam o potencial de empoderar as pessoas. Em sua visão, os consumidores poderiam voltar a contratar de forma ativa<sup>118</sup>, em vez de apenas clicar em "Eu concordo". Esta potencialidade positiva deve ser temperada com o fato de que o funcionamento dos *smart contracts* traz diversas dificuldades específicas ao consumidor no processo de contratação, sendo que a automação negativa é certamente uma das mais significativas.

No contexto de um *smart contract* executado em um *blockchain* público, distribuído e de acesso aberto, diz-se que as transações que ocorrem dentro do protocolo, especialmente se envolve objetos cuja propriedade também é gravada no próprio *blockchain*, são irrevogáveis.

O fato de que o controle *ex post* é talvez impossível, e ao menos severamente mitigado, faz com que os custos *ex ante* sejam muito maiores: a certeza com relação aos parâmetros, ao mercado e ao futuro devem ser altíssimos diante dos riscos que se correm dada a impossibilidade de revisão posterior dos termos.

Estas características, por sua vez, trazem preocupações específicas no tocante aos riscos para o consumidor, a começar com a impossibilidade de renegociação em substituição à execução contratual, no caso de descumprimento. Pode-se argumentar, sob a perspectiva do direito do consumidor, que não é do interesse destes e nem das próprias empresas que inexista margem de discussão em caso de violação contratual.

---

<sup>118</sup> “É por isso que os sites de comércio eletrônico são projetados com tanto cuidado para limitar qualquer expressão de preferência do consumidor para além da quantidade. Quando se faz compras na Amazon, pode-se escolher o número de itens enviados, mas nada mais. Não há caixa suspensa para os termos do consumidor fornecidos. Os consumidores são impedidos pelo formato da página da Web de oferecer outros termos, como reservas de direitos e garantias. Considere a exoneração de responsabilidade on-line de garantias, que eviscerou as proteções ao consumidor oferecidas pelo Código Comercial Uniforme. Alguns consumidores podem querer pagar mais e recusar a isenção de garantia. Na verdade, o sistema do Código é estruturado de forma que, se uma parte negar as garantias e a outra exigir essas garantias, então as garantias existem. Ainda assim, no contexto online, tal desacordo sobre garantias não pode acontecer.” Tradução livre do original: “This is why e-commerce websites are so carefully engineered to limit any consumer expression of preference beyond quantity. When one shops at Amazon, one may pick the number of items shipped, but nothing else. There is no drop-down box for consumer terms provided. Consumers are constrained by the form of the webpage from offering other terms, such as reservations of rights and warranties. Consider the routine online disclaimer of warranties, which has eviscerated consumer protections offered by the Uniform Commercial Code. Some consumers may wish to pay more and refuse the disclaimer of warranty. Indeed, the Code system is so structured that if one party disclaims warranties, and the other requires those warranties, then the warranties exist. Yet in the online context, such a disagreement over warranties cannot happen” (FAIRFIELD, 2014, p. 43-44).

Antes que uma violação contratual resulte em punição significativa, os consumidores exigem alguma margem de manobra no espaço dos diferentes níveis de violação contratual. Quando partes contratuais têm um desacordo, é comum que elas recorram a notificações extrajudiciais, chamadas de atendimento ao cliente ou negociações para quitação, todos funcionalmente equivalentes. As partes contratantes vão ao tribunal apenas para uma pequena parte de conflitos, uma vez que a resolução informal é mais eficiente para ambos os lados (D'ONFRO, 2020, p. 182).

As partes sempre podem optar por resolver as divergências sobre os contratos de forma amigável, com base em entendimentos verbais em vez de modificações escritas, em ajuste dinâmico que envolve aplicação seletiva de cláusulas contratuais ou aceitação voluntária de deveres adicionais. Enquanto essa opção estiver disponível, as relações comerciais e a promessa de transações futuras podem continuar normalmente, sem recorrer a litígios onerosos e incertos que às vezes podem significar o fim da capacidade de negociação de uma empresa ou de uma pessoa (MITCHELL, 2009, p. 678).

É fácil ver por que os clientes às vezes desejam um pouco de espaço de manobra quando se trata de aplicação de penalidades em caso de descumprimento: inúmeros motivos podem levar os consumidores a fazerem pagamentos com pequeno atraso, desde problemas financeiros a interrupções na internet e na energia ou erros na instituição bancária ou na empresa que recebe. O atendimento ao cliente pode ser contatado em qualquer uma destas situações para solicitar a emissão de um novo boleto ou a concessão de prazo adicional para pagamento, enquanto em um *smart contract* estas ações, em regras, não são possíveis. Tomando-se o microssistema do direito do consumo, um consumidor poderá fazer reclamações online, ou a uma agência reguladora, diante de uma situação de extrema intolerância em caso de pequena violação contratual.

Claramente, a imagem e o risco regulatório de uma empresa podem aumentar se ela não atender às expectativas do consumidor quanto a uma mínima flexibilidade na aplicação das multas e penalidades contratuais. *A contrario sensu*, as empresas podem se beneficiar da flexibilidade no descumprimento contratual no sentido de permitir que elas se diferenciem de seus concorrentes ou gerem fidelidade do consumidor (D'ONFRO, 2020, p. 183) ao tratar pequenos descumprimentos de forma negocial. Como em regra não há pessoas envolvidas na execução dos *smart contracts*, a empresa não pode exercer a plasticidade que os clientes às vezes desejam ao assinar um contrato.

Uma das formas de adicionar este tipo de funcionalidade aos *smart contracts* – a interação entre os sistemas e o mundo real, inclusive, potencialmente, decisões tomadas por seres humanos – é por meio da adição de oráculos, já discutidos neste estudo.

Em contraste com o *blockchain*, os oráculos não são completamente descentralizados, em regra. O operador do oráculo e a veracidade do fluxo de dados tendem a ser externos e devem ser, portanto, considerados confiáveis pelas partes contratuais. Entretanto, esta adição pode trazer também um nível de ineficiência tal que simplesmente torne o uso de um contrato tradicional mais barato.

Cutts (2019, p. 438) defende que, para os consumidores, as desvantagens dos *smart contracts* superam os benefícios, argumentando que apenas se três proposições fossem verdadeiras *smart contracts* seriam mais vantajosos para o consumidor: (i) se as contrapartes e intermediários não agissem, atualmente, de forma tal a fazer jus à confiança dos consumidores; (ii) se o sistema fosse melhor para garantir a confiança dos consumidores do que as contrapartes e os intermediários; e, (iii) se não houvesse outras desvantagens que pudessem superar os benefícios da automação negativa.

Simultaneamente, quando se considera o avanço dos já mencionados contratos relacionais no espaço do consumidor, tem-se que os *smart contracts* não resolvem os tipos de problemas que se identifica no âmbito desta relação continuada. Os *smart contracts* são úteis em uma conjuntura de alto nível de desconfiança no cumprimento das obrigações de parte a parte, bem como de reduzida regulação e revisão estatal – nenhuma dessas duas características parecem descrever bem relações de consumo, notadamente em contratos relacionais e especialmente no Brasil.

De toda forma, é possível imaginar que em determinados tipos de relação consumerista os benefícios decorrentes da redução de custos e garantia do cumprimento das obrigações possam superar os riscos identificados, mas este cenário, parece-nos, depende do uso de *blockchains* voltados para o panorama do direito do consumidor. Isso porque é possível a criação de regulação que proteja os consumidores em seu relacionamento com fornecedores, especialmente se estes fornecedores forem conhecidos (não aplicável em *smart contracts* com partes anônimas), como grandes empresas listadas em bolsa, e, portanto, suscetíveis aos tipos de sanção tradicionalmente aplicados por Estados e seus agentes reguladores. Nesta hipótese, a máquina e a contraparte, em conjunto, garantem a confiança dos consumidores.

*Blockchains* de acesso fechado<sup>119</sup>, muito embora não possuam todas as características de máxima descentralização, parecem ser mais úteis para consumidores, na medida em que permitem a intervenção de entes específicos para alteração dos dados do livro-razão, se necessário. Embora esta centralização seja indesejada em outros contextos negociais, parece-nos ser necessária para o uso por consumidores – relembremos, aqui, as duas histórias apresentadas na introdução do trabalho. Não parece plausível que consumidores se sujeitariam ao risco de perder acesso aos seus bens de maior valor, ou renunciariam de forma absoluta à revisão *ex post*, por cortes ou outros terceiros adjudicadores, porque as vantagens dos *smart contracts* não seriam suficientes para suplantar os riscos.

Exceto em situações em que o negócio jurídico se beneficie, de forma específica, da completa ausência de controle ou intervenção da parte da contraparte em relação à execução contratual, *blockchains* que permitam a intervenção de seres humanos para reajuste de cláusulas, interpretação de termos ou adjudicação de conflitos parecem trazer mais vantagens do que sistemas que não permitem este tipo de intervenção.

Deve-se apontar que, para alguns analistas do assunto, *blockchains* que trabalham com código plástico, não necessariamente persistente, e que permitem intervenção humana no processo de execução, não categorizariam *smart contracts* (CUTTS, 2019, p. 416-417), pois trariam exclusivamente a característica da automação positiva, o que já existe de forma relativamente ampla em contratos eletrônicos mesmo antes da ideia e implementação dos *smart contracts*. Para outros, a utilização de mecanismos para redução da rigidez do código pode ser vista como um atributo positivo dos *smart contracts* enxergados de forma ampla (WERBACH e CORNELL, 2017, p. 375).

Acreditamos que *smart contracts* podem ser mistos, ou híbridos, com etapas e partes executadas com automação negativa e outras permitindo a intervenção humana – há uma infinidade de níveis possíveis de mitigação da automatização contratual em um *smart contract*, e quanto menos negativamente automatizado, mais próximo ele será de um contrato tradicional na forma eletrônica.

Sem necessariamente retornar à discussão terminológica já realizada em capítulo anterior, reconhecemos que qualquer estrutura de *smart contract* que mitigue de alguma forma as características de centralização e automação tendem a perder a diferenciação do instrumento e ter suas vantagens reduzidas nestes pontos, mas é plausível ponderar que

---

<sup>119</sup> Conforme classificação proposta neste estudo.



formas mistas de contratação automática sejam mais interessantes em situações em que os riscos mais pronunciados da automação negativa total não se justifiquem, mas a automação ainda tenha contribuição com a eficiência do negócio jurídico – exatamente o que parece ser o caso de contratos envolvendo consumidores.

Assim, parece fazer sentido que sejam desenvolvidos *blockchains* voltados para a contratação de *smart contracts* por consumidores, com regras específicas de identificação e responsabilização dos fornecedores e formas de solução de conflito embutidas no sistema com facilitação do ônus probatório aos consumidores.

Estudos indicam que *smart contracts* também podem ser vantajosos para os consumidores se utilizados no relacionamento entre os fornecedores de serviços ou produtos de varejo e os vendedores de insumos ou fornecedores em atacado, mas não necessariamente no negócio jurídico firmado com os consumidores, o que daria aos consumidores mais segurança e transparência, sem arriscar as garantias dele próprio (IBM INSTITUTE FOR BUSINESS VALUE, 2018). As vantagens associadas a um código imutável, autoexecutável e autorregulável é comumente atribuída a transações negociais entre empresas (BYRNE, 2016), em que as complexidades da relação consumerista não encontram guarida.

Ainda neste sentido, uma das formas de proteção aos consumidores em relação à reduzida capacidade de interpretação e negociação *ex post* dos termos e da execução contratual é por meio da criação de modelos de termos, estruturas e códigos de *smart contracts*, similar ao que já acontece na legislação com as regras aplicáveis aos contratos em espécie. A criação destes modelos será necessária para crescimento da adoção ampla de *smart contracts*.

Estabelecer diretrizes para a estrutura e execução de *smart contracts* parece ser crucial. Embora haja variações dependendo do tipo de contrato, a forma geral dos contratos tradicionais é bastante convencional – a estrutura de um contrato começa com a identificação das partes do contrato e é seguida pela inclusão dos termos e condições do contrato, com a assinatura ao final. Este acordo implícito sobre a estrutura contratual, assim como sobre termos contratuais genéricos, beneficia os contratantes e facilita a compreensão e o consenso.

Igualmente, a padronização de termos contratuais genéricos, das regras de conversão de linguagem formal em linguagem natural e da estrutura dos *smart contracts* pode tornar seu uso e adoção mais amplamente acessíveis, reduzindo riscos e custos com

ambiguidade, incompreensão (JIAYING, 2018, p. 147-148) e qualquer tipo de assimetria de informação.

Normalmente, se poucas empresas são dominantes, ou órgãos governamentais possuem alto controle, padrões e modelos são estabelecidos com maior facilidade. De outro lado, estabelecer tais padrões torna-se mais difícil, mas também mais crítico, quando há pulverização no mercado, como parece ser o caso com *smart contracts* no momento.

Alguns progressos significativos com esforços de padronização foram alcançados – exemplifique-se com o maior deles, o consórcio R3<sup>120</sup>, que congrega centenas de empresas e instituições líderes em tecnologia e serviços – como IBM, Intel, Microsoft, Oracle, Allianz, HSBC, Allianz e inúmeros outros – e criou o *blockchain* Corda, para utilização em *smart contracts*, com modelos, padrões e a possibilidade de desenvolvimento de aplicativos de acesso fechado, o que teoricamente oferece maior segurança aos consumidores (mas, ao mesmo tempo, reduz a descentralização do sistema). Estudos acadêmicos também têm sido desenvolvidos para sugerir a estruturação de modelos de *smart contracts* (BAKSHI, BRAINE e CLACK, 2016).

O crescimento das plataformas de *smart contracts* está levando, pois, à criação de modelos que representam as melhores práticas na sua formulação, sendo possível a criação de modelos automáticos de *smart contracts* dentro de cada sistema – o *contractware* (RASKIN, 2017). Para evitar cometer erros, as partes podem usar esses modelos para confiar na experiência de empresas e associações do setor que consideraram cuidadosamente possíveis perigos.

Mesmo que não haja obrigações legais específicas de proteção dos seus usuários, as plataformas podem criar estas regras como estratégia comercial e de solidificação no mercado. Entretanto, seria importante que regulamentação determinasse que os provedores de conteúdo padronizassem um mínimo de oferta de informações aos consumidores a fim de aliviar os riscos, como a descrição das etapas a serem seguidas para a celebração do *smart contract* válido e os meios que o provedor disponibiliza às partes para adjudicar erros ou problemas futuros.

É possível também imaginar, sob uma perspectiva de padronização, uma forma de classificação, pública ou privada, dos próprios fornecedores de *smart contracts*, com indicações de quais fornecedores são mais qualificados para prestar quais tipos de

---

<sup>120</sup> <https://www.r3.com/>

serviços e a criação de diretrizes e padrões para avaliação dos próprios provedores pelos consumidores.

Reconheça-se, de toda forma, a responsabilidade dos próprios contratantes ao entrar em negócios jurídicos dessa natureza. As partes de *smart contracts* provavelmente dedicarão mais tempo e atenção ao desenho e redação do contrato, uma vez que sabem que não poderão depender das cortes e dos Estados para preencher as lacunas e lidar com situações imprevistas. Esta é uma característica esperada em qualquer cenário negocial, normalmente em dado tempo ou país, em que contratantes vislumbram incertezas e riscos na exequibilidade *ex post* (EGGLESTON, POSNER e ZECKHAUSER, 2001), e é uma atribuição de responsabilidade atualmente prestigiada no Brasil, o que se pode ver pela edição da Lei nº 13.874/2019, a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica, e o novo parágrafo único do art. 421 do Código Civil: “nas relações contratuais privadas, prevalecerão o princípio da intervenção mínima e a excepcionalidade da revisão contratual”.

## CONCLUSÕES

Quais são as grandes vantagens teóricas dos *smart contracts*?

Alguns proponentes dos *smart contracts* argumentam que contratos tradicionais e *smart contracts* são essencialmente equivalentes, mas que a aplicação baseada em código é mais eficiente do que a intervenção humana (RASKIN, 2017, p. 333-336). Realmente, a criação e validação de regras contratuais pelos próprios usuários, inclusive regras de formação, relacionadas à manifestação da vontade, verificação da boa-fé, atribuição à exequibilidade e *templates* para contratos em espécie, pode parecer um mecanismo interessante de estruturação democrática do ordenamento, conforme a teoria da hegemonia da liberdade de sujeição a obrigações.

Beck (2016) dedica o capítulo 9 do seu livro *The Metamorphosis of the World* ao que chama de risco digital de falha das instituições – trata-se da possibilidade de que um Estado ou uma companhia alcance controle hegemônico dos dados digitais de todas as pessoas, o que se manifestaria de forma invisível – quanto maior e mais perfeito o controle, menor a sua visibilidade social.

Em sua visão, os escândalos associados à ampla coleção de dados e sua publicização na forma de *whistleblowing* gerou um processo de catarse social e forte reação contrária à vigilância estatal ampla e em direção à proteção dos direitos individuais quanto aos dados, manifestados pelo Artigo 12 da Declaração Universal dos Direitos Humanos e os seus reflexos nas diversas Constituições e legislações nacionais (em relação a que a Lei Geral de Proteção de Dados, Lei nº 13.853/2019 é um bom exemplo).

Apesar de acreditar que os direitos constitucionalmente consagrados podem ser uma forma de ação contra este risco, Beck alerta que atacar o problema com instrumentos legais e políticos a partir de uma lógica de instituições nacionais é insuficiente, eis que o Estado-nação não estaria equipado para lidar com uma realidade de risco global e cosmopolita.

Neste contexto, depois de indagar “quem, então, poderia lutar contra um poder digital centralizado anônimo?”, Beck propõe: o indivíduo pode resistir ao sistema, em uma “oportunidade jamais oferecida antes por qualquer império”.

Esta, de certa forma, é a história da criação dos *smart contracts*. Influenciado pela luta de seu pai contra comunistas na Hungria da década de 1950, Szabo emigra para os Estados Unidos e, juntamente com a comunidade dos ‘Cypherpunks’, busca maneiras de

defender seus direitos individuais sem qualquer dependência de um governo, partindo de uma visão notadamente libertária e anarquista (SZABO, 1993).

Um dos resultados é a proposta original dos *smart contracts*: um meio de garantir a realização de negócios diferidos no tempo sem depender de uma Estado para forçar o cumprimento dos acordos. Um sistema eletrônico, independente de governos, seria responsável por esta execução.

O *blockchain* trouxe um elemento adicional de independência estatal: não apenas a execução independeria dos estados, como o sistema que controla os *smart contracts* estaria nas mãos das próprias pessoas que o utilizam, em uma espécie de democracia direta perfeita.

Finalmente, os criptoativos tiram das mãos do governo sua última capacidade interventiva: o dinheiro. Ainda que as criptomoedas não possuam todas as características necessárias para sua verdadeira caracterização como reserva de valor, a possibilidade de sua conversão em moeda fiduciária e o livre trânsito dentro do *blockchain* seria o passo final para a total independência e imunidade da supervisão governamental – um verdadeiro ‘paraíso’ libertário.

Uma vantagem se encontra, pois, diretamente, em afastar o máximo do controle governamental possível (SZABO, 1993) gerando uma ordem privada fundamentada em código, ao invés de leis e Estados<sup>121</sup>. Este novo Estado funcionaria como uma jurisdição própria (VERSTRAETE, 2019, p. 746) e seria capaz de criar obrigações perfeitas, sem ambiguidades, gerenciadas e mantidas por um sistema de consenso independente de um Estado tradicional. Falamos aqui da *Lex Cryptographia* – regras e ordenamentos administrados e executados automaticamente por meio de *smart contracts* e organizações autônomas (WRIGHT e DE FILIPPI, 2015). Seria o fim do *legal centralism* (ELLICKSON, 1991) e a derrocada da visão de Hobbes (1974 [1651]) de que a atividade produtiva depende de organização por meio de um estado e um sistema de normas legais.

Bem, a ideia fundamental de que é possível a regulação do comportamento das pessoas por meio de código de computador é reconhecidamente verdadeira (LESSIG, 2006) e os códigos, de fato, são muito eficientes para impedir, preventivamente (ZITTRAIN, 2008), ações indesejadas, impondo custos *ex ante* muitas vezes

---

<sup>121</sup> “Se os *smart contracts* progredirem a um ponto em que realmente não haja necessidade de atribuição de exequibilidade por terceiros, não haveria necessidade de um Estado e os custos dele decorrentes que muitos libertários veem como injustificáveis”. Tradução livre do original: “If smart contracts progress to a point where there is truly no need for third-party enforcement, there would be no need for a state and the attendant costs that many libertarians see as unjustifiable” (RASKIN, 2017, p. 335).

intransponíveis, como é o caso dos *smart contracts*. Mas este fato não se confunde com a substituição integral do Estado e dos ordenamentos jurídicos e instituições que estruturam o tecido da sociedade contemporânea.

Por um lado, podem-se imaginar vantagens decorrentes desse afastamento, especialmente em situações de intervenção ilegal do estado em países e regimes mais autocráticos – por exemplo, Hertig (2014) argumenta que *smart contracts* podem fornecer oportunidades para populações oprimidas e aumentar o exercício das liberdades pelas mulheres, por meio da permissão de que pessoas redijam contratos fora do sistema estatal. Por outro lado, quando se fala de intervenção estatal legítima e positiva para os cidadãos, os *smart contracts* não parecem ser capazes, hoje, de suplantar o judiciário e o direito contratual em suas funções.

Inobstante os diversos problemas decorrentes dessa suposta independência estatal, os *smart contracts* como atualmente implementados realmente conseguem se desconectar da necessidade da centralização para operação de ativos não-rivais, um feito único até o momento.

Dois características adicionais decorrem da operacionalização descentralizada em código. Primeiramente, outra esperada característica vantajosa dos *smart contracts* é a redução dos custos de transação – ora, o centralizador não mais precisa ser pago. Esta vantagem, entretanto, ainda carece de comprovação. Mesmo na melhor das situações, em que todas as vantagens do uso de *smart contracts* encontram-se operando de forma plena, os mantenedores do consenso precisam ser pagos; afinal, *there is no such thing as a free lunch*. E a comparação econômica entre os dois modos de execução contratual não possui, ainda, resultados definitivos quanto à eficiência para um ou outro lado, apesar de haver defensores de ambos os campos, como explorado no estudo. Quando se acrescenta na balança os riscos ambientais – estudos recentes indicam que a geração de consenso a partir da mineração é insustentável para o meio-ambiente (GULLI, 2020) –, as dúvidas acerca da efetiva redução dos custos ou sua adequada alocação tornam-se ainda mais salientes. Coloquemos a redução dos custos de transação na categoria, ao menos, das vantagens possíveis dos *smart contracts*.

Finalmente, como decorrência da impossibilidade de intervenção centralizada na operação e da própria linguagem formal que impossibilita o uso de conceitos abertos, a execução precisa ser realizada de maneira inexorável – tratamos aqui do que chamamos de automação negativa. Esta é, ao mesmo tempo, uma benção e uma maldição dos *smart contracts*: os contratantes têm a segurança de que os compromissos firmados serão

obrigatória e automaticamente executados pelo próprio código, mas não têm disponibilidade de contar com as diversas vantagens discutidas no estudo quanto às renegociações e revisões *ex post*.

Flexibilizações da obrigatoriedade da autoexecução do código são possíveis e programadas em diversos *blockchains*, mas trazem consigo uma perda parcial da primeira vantagem – descentralização –, além de riscos reais para a funcionalidade e confiança do sistema.

Dado o contexto de utilização social de contratos, seriam estas vantagens suficientes para suplantarem as disrupções identificadas que trazem consigo sérios riscos e problemas jurídicos?

Conhecimento do direito contratual torna evidente que os *smart contracts* não serão capazes de substituir completamente a função desempenhada pelos tribunais e estados. Aliás, em nossa visão, os *smart contracts* não possuem o mesmo alcance funcional do direito contratual, como discutido – *smart contracts* não substituem a adjudicação judicial de contratos, mesmo que sejam funcionalmente equivalentes no quesito alteração comportamental.

O ordenamento jurídico contratual tem uma dimensão relacionada à sua atuação como mecanismo corretivo. Seu objetivo, neste âmbito, não é garantir o cumprimento das obrigações, mas solucionar eventuais controvérsias que possam ocorrer após o descumprimento, ou após a assinatura. *Smart contracts* colocam essa função fundamental do direito contratual em foco mais claro, uma vez que eliminam a necessidade do ato da execução específica diante da impossibilidade de quebra de contrato. No entanto, os requisitos, problemas e questões que deram origem ao direito contratual continuam existindo.

Os contratos são, em certo nível percentual, sempre incompletos em relação a todas as possibilidades fáticas decorrentes da passagem do tempo, e o sistema legal fornece termos e normas para mitigar este problema. Por este motivo, parece bastante plausível que os custos para formar *smart contracts* completos sejam maiores do que os benefícios oferecidos por esta tecnologia, a depender do tipo de negócio jurídico e das partes envolvidas.

Há outra questão relevante. Muitos argumentos favoráveis a governar a conduta por meio de códigos deixam de reconhecer a importância dos processos de tomada de decisão que estão no cerne das restrições legais democraticamente aceitáveis em uma sociedade. Ao contrário da regulamentação legal, que é idealmente o resultado de uma

discussão fundamentada entre membros de instituições democraticamente responsivas, o código é controlado por uma ordem técnica imutável. Em nossa visão, quando os limites tecnológicos desvalorizam os procedimentos de tomada de decisão democrática, eles devem ser considerados socialmente inaceitáveis.

Em sistemas jurídicos tradicionais, o ordenamento jurídico, especialmente dada sua natureza principiológica e constitucional, permite que mais de uma única resposta a um conflito ou situação sejam consideradas corretas e adotadas, inclusive de acordo com a mudança e evolução política e cultural da sociedade. O direito contratual extrai sua legitimidade normativa de processos democráticos considerados aceitáveis em um Estado, estabelecendo assim a validade dos resultados que emergem das decisões de tribunais relativas a casos específicos. As plataformas de *smart contracts*, por outro lado, não criaram métodos análogos aos usados para verificar escolhas entre regras conflitantes ou para resolver outros problemas de governança (VERSTRAETE, 2019, p. 792), embora existam propostas no sentido de soluções integradas em casos de conflito.

Partindo dessa premissa, podemos colocar em discussão até mesmo a legitimidade normativa dos *smart contracts*. Não há dúvida de que, no contexto de um *smart contract*, os termos firmados e obrigações assumidas serão cumpridas a partir da força do código, e os contratantes acreditam empiricamente que os *smart contracts* serão cumpridos e o código autoexecutado, motivo pelo qual a legitimidade descritiva deste instrumento estaria confirmada (WEBER, 2012 [1947]). Por outro lado, se é sensato considerar as condições necessárias para justificar, de forma normativamente legítima, a força e o poder coercitivo das instituições estatais (RAWLS, 1993), então podemos também indagar se a escolha do código como substituto para manejar esta força cria resultados sociais normativamente desejados e legítimos (BUCHANAN, 2002), dado que os *smart contracts*, neste momento, estão sendo construídos sem uma supervisão ou governança política ou democrática.

Acreditamos que a construção de uma sociedade que valoriza o ser humano, as relações pessoais e a geração de confiança entre seus membros como fundamentos deve ser um objetivo das organizações, públicas e privadas, no desenvolvimento de normas, padrões e leis. Os direitos da personalidade devem ser privilegiados em contraposição à massificação e despersonalização da sociedade (PAREDES, 2002, p. 199).

Em alguns aspectos, os objetivos dos *smart contracts* e os objetivos do direito contratual se apoiam mutuamente. A noção de promessas inquebráveis e o direito contratual parecem, olhando de certo ângulo, terem afinidade mútua. No entanto, existem



certas maneiras pelas quais os *smart contracts* enfraquecem os fundamentos e os objetivos do direito contratual, um deles em relação à qualidade do relacionamento das partes, em um grau substancial.

Como visto, a teoria de Fried (2015) fundamenta-se na atribuição de força jurídica a promessas que já possuem suporte moral, similar à ideia de Raz (1977) quanto à relação de natureza moral criada entre o promitente e o promissário. Na mesma linha, Saprai (2019) argumenta que a legitimidade do próprio direito contratual decorre da criação de relações de confiança e boa-fé de parte a parte para a realização de cooperação efetivamente valiosa e Radin (2014) diferencia as confianças forte e fraca<sup>122</sup> – a primeira no contexto de relacionamentos de confiança em relação à consistência entre a manifestação externa e a intenção interior, enquanto a segunda seria simplesmente o cumprimento de obrigações contratuais. À primeira vista, os *smart contracts* garantem a confiança fraca, mas estariam a reboque minando a confiança forte?

Com *smart contracts*, os propósitos da lei contratual são prejudicados em termos da natureza de uma relação contratual que foi induzida por engano negligente, fraude, coação ou outra prática ilegal. Embora a lei contratual encoraje as partes a manterem seus compromissos, ela também oferece uma variedade de maneiras para que elas saiam de maus negócios e acordos com restrições onerosas. Os ideais do direito contratual estão diretamente em desacordo com a formatação dos *smart contracts*, o que torna mais difícil para as partes evitar contratos que não representam nenhum dos valores relacionais defendidos pelo direito contratual.

Podemos considerar que existe uma justaposição de temas em franca discussão na fronteira do debate entre direito e código para limitação de liberdade individual dos cidadãos e exercício de sujeição a obrigações individuais.

Se os *smart contracts* mudarem o mundo completamente, em nossa visão, ainda não está definido, mas é certo que eles trazem vantagens reais e parecem estar prestes a obter amplo conhecimento, aceitação e utilização em um futuro próximo, no mínimo em alguns tipos de mercados.

Com este uso, os *smart contracts* provavelmente encontrarão dois tipos de questões: práticas e teórico-jurídicas. Por causa desses problemas, e acreditando na esperada taxa de adoção ampla da tecnologia nos próximos quinze anos (SCHNEIDER, BLOSTEIN, *et al.*, 2016), haverá muita pressão para mitigar os riscos e padronizar os

---

<sup>122</sup> “*Thick trust*” e “*thin trust*”.

procedimentos. Alguns ajustes tradicionais e aplicações de regras por analogia podem ser aplicados aos *smart contracts*, mas as soluções às disrupções mais estruturantes, por outro lado, implicarão intervenção legislativa significativa. Potencialmente, *smart contracts* podem estar sujeitos a maior intervenção regulatória no processo de contratação, pelos riscos identificados.

Se os *smart contracts* forem usados no espaço do direito do consumidor, eles devem poder ser alterados, adjudicados, integrados e negociados após a assinatura, com alguma espécie de intervenção humana imediata, provavelmente por meio de oráculos, sob pena de inviabilizar seu uso comercial e legalmente. Entretanto, é duvidoso que contratos com esta alteração estrutural ainda manteriam suficiente vantagem sobre contratos tradicionais para justificar seu uso, e não parece claro que as vantagens dos *smart contracts* possam ser sentidas de forma significativa em um espaço com alto nível regulatório e significativo valor na criação de relações de longo prazo.

Na estrutura jurídica atual, os *smart contracts* mais descentralizados seriam provavelmente considerados ilegais – vejam-se as significativas questões associadas ao anonimato e à impossibilidade de sindicar o objeto negociado –, mas o código e o *blockchain* não serão parados pelas expectativas dos artigos 104 e 113 do Código Civil.

Uma ideia discutida recorrentemente é o valor dos *smart contracts* em sua utilização conjunta com contratos tradicionais (JIAYING, 2018, p. 141), talvez na forma de contratos ricardianos, de maneira a aproveitar a automação sem abrir mão totalmente das vantagens dos contratos tradicionais, com identificação completa das partes, uso de linguagem natural na negociação e possibilidade de intervenção *ex post* por meio de cortes na execução contratual. Como um elemento componente do sistema, os *smart contracts* introduzem interessantes vantagens de automação para negócios específicos que mais se beneficiam de automação e publicidade – como sistemas de registros de propriedades imóveis – sem vulnerar significativamente as garantias sistêmicas da adjudicação e interpretação tradicional, quando necessário.

Argumentamos que contratos são capazes de gerar cooperação para ações em concerto entre os contratantes para consecução de objetivos diferidos no tempo, promovendo a boa-fé objetiva e estimulando a tomada de comportamentos cooperativos. De certa forma, os *smart contracts* parecem incapazes de substituir completamente a função dos contratos tradicionais e do direito contratual na otimização do valor em decorrência da ausência de processos pré-contratuais e integração e interpretação *ex post*.

Um dos conceitos mais importantes de um sistema jurídico contratual é a avaliação *ad hoc* dos antecedentes e das circunstâncias do caso, porque as regras simplesmente não cobrem todos os cenários potenciais (SYLLABA, 2020, p. 21). Dada a tecnologia atual, mesmo as inteligências artificiais não conseguem realizar interpretações de nuances jurídicas, e a subjetiva terminologia jurídica, com conceitos abertos e indeterminadas, não pode ser incluída no código de uma maneira a tornar totalmente obsoleta a revisão judicial *ex post*.

Etapas que incluem funções como coletar informações, encontrar parceiros em potencial e negociar os termos do contrato auxiliam na alocação eficiente de recursos e na avaliação de riscos, maximizando o valor para os contratantes. Parece claro, pois, que os *smart contracts* serão mais eficientes quanto menos relevante for a etapa de negociação, ou as necessidades de interpretação após a assinatura.

Por fim, não nos parece minimamente plausível que os *smart contracts* sejam a *causa mortis* do direito contratual tradicional, pois não parece que eles tenham a capacidade de suplantar, ao menos atualmente, todas as funções desempenhadas pelo direito dos contratos, não tendo, pois, a esperada vantagem em todos os aspectos em relação às tecnologias anteriores, como é o caso das inovações disruptivas na teoria de Christensen (1997).

Contudo, um pouco de flexibilidade e modificação às leis para sua adequação a novas estruturas disruptivas parece ser uma perspectiva inevitável no contexto dos próximos dez a vinte anos. Os *smart contracts* implicam significativos impactos ao direito contratual, especialmente relacionadas ao anonimato, à linguagem formal e à impossibilidade de revisão *ex post*, com a certeza de que a expansão do uso do instrumento requererá significativos ajustes legislativos e exercícios de regulamentação supranacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, B. E. Efficient Breach Theory through the Looking Glass. **New York University Law Review**, New York, v. 83, n. 6, p. 1679-1725, Dezembro 2008.

AGUIAR JÚNIOR, R. R. D. **Extinção dos contratos por incumprimento do devedor [de acordo com o novo Código civil]**. Rio de Janeiro: Aide, 2004.

AGUIAR, J. C. D.; GOBBO, L. Função social do contrato: uma análise lógico-empírica. **Revista da Faculdade de Direito – UFPR**, Curitiba, v. 59, n. 1, p. 101-126, 2014.

AGUIAR, J. C. D.; GOBBO, L. Behavioral Analysis of law: a brief overview of the juxtaposition of law and radical behaviorism. In: TODOROV, J. C. **Trends in Behavior Analysis**. Brasília: Technopolitik, 2016. p. 81-103.

ALHARBY, M.; MOORSEL, A. V. Blockchain-Based Smart Contracts: A Systematic Mapping Study. **Institute of Electric and Electronic Engineers**, Fuzhou, p. 125-140, novembro 2017.

AMERICAN LAW INSTITUTE. **Restatement (Second) of the Law of Contracts**. [S.l.]: [s.n.], 1981.

ANTONOPOULOS, A. M.; WOOD, G. **Mastering Ethereum**. Sebastopol: O'Reilly, 2019. 769 p.

ARAÚJO, F. **Teoria económica do contrato**. Coimbra: Almedina, 2007.

ASCARELLI, T. **Corso di diritto commerciale: introduzione e teoria dell'impresa**. Milão: Giuffrè, 1962.

ASSIS, A. D. Do distrato no novo Código Civil. **CEJ**, Brasília, n. 24, p. 58-61, janeiro/março 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMÉRCIO ELETRÔNICO (ABCOMM). Crescimento do e-commerce no Brasil. **Site da Associação Brasileira de Comércio Eletrônico (ABComm)**, 2021. Disponível em: <<https://abcomm.org/covid/>>. Acesso em: setembro 2021.

AYRES, I.; GERTNER, R. Filling Gaps in Incomplete Contracts: An Economic Theory of Default Rules. **The Yale Law Journal**, New Haven, n. 99, p. 87-130, 1970.

AZEREDO, J. F. A. E. **Reflexos do emprego de sistemas de inteligência artificial nos contratos**. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade de São Paulo, 2014. 221 p.

AZEVEDO, A. J. D. **Negócio jurídico: existência, validade e eficácia**. 4ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

AZEVEDO, Á. V. **Teoria geral dos contratos típicos e atípicos. Curso de direito civil**. São Paulo: Atlas, 2004.

BAKSHI, V. A.; BRAINE, L.; CLACK, C. D. Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions. **Barclays Bank PLC**, p. 1-15, agosto 2016. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1608.00771v2.pdf>>.

BAMBROUGH, B. Crypto Price Prediction: Bitcoin Forecast To Hit \$5 Million As Price Soars Through 2021. **Forbes**, 23 outubro 2021. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/billybambrough/2021/10/23/crypto-price-prediction-bitcoin-forecast-to-hit-5-million-as-price-soars-through-2021/?sh=2a9e731a75e6>>. Acesso em: outubro 2021.

BARBOSA, A. L. **A Informática e os Contratos na Atividade Empresarial e seus reflexos no meio ambiente**. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade Nove de Julho, 2020. 102 p.

BARCLAYS. How smart contracts are set to reshape the business world. **Barclays**, 18 setembro 2020. Disponível em: <<https://home.barclays/news/2020/09/how-smart-contracts-are-set-to-reshape-the-business-world/>>. Acesso em: julho 2021.

BARNETT, R. E. A Consent Theory of Contract. **Columbia Law Review**, Nova Iorque, n. 86, p. 269-321, 1986.

BAROCAS, S. et al. Accountable Algorithms. **University of Pennsylvania Law Review**, Philadelphia, n. 165, p. 633-705, 2017.

BARROS, W. P. **Contratos. Estudos sobre a moderna teoria geral**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2004.

BAUM, W. M. **Understanding behaviorism: behavior, culture and evolution**. Oxford: Blackwell, 2005.

BAUM, W. M.; RACHLIN, H. C. Choice as Time Allocation. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**, v. 12, n. 6, p. 861-874, Novembro 1969.

BEACH, C. F. J. **Treatise on the Modern Law of Contracts**. 21<sup>a</sup>. ed. Indianapolis: Bowen-Merrill, 1897.

BEARMAN, J. The Rise and Fall of Silk Road. **Wired**, maio 2015. Disponível em: <<https://www.wired.com/2015/04/silk-road-1/>>. Acesso em: novembro 2021.

BECK, U. **The metamorphosis of the world**. Malden: Polity Press, 2016.

BENNETT, H. Access Copyright: Blockchain and Smart Contracts for Information. **TALL Quarterly**, Toronto, v. 38, n. 1, p. 11-11, inverno 2019.

BENTHAM, J. **A fragment on government; or, a comment on the commentaries**. 2<sup>a</sup>. ed. Londres: Lincoln's-Inn, 1823 [1776].

BERNSTEIN, L. Opting Out of the Legal System: Extralegal Contractual Relations in the Diamond Industry. **The Journal of Legal Studies**, Chicago, v. 21, n. 1, p. 115-157, fevereiro 1992.

BEVILAQUA, C. **Direito das obrigações**. Salvador: Magalhães, 1896.

BIRMINGHAM, R. L. Breach of Contract, Damage Measures, and Economic Efficiency. **Rutgers Law Review**, Newark, n. 24, p. 273-292, 1970.

BITHALO. Smart Contracts & Decentralized Markets. **BitHalo**, 2021. Disponível em: <<https://bithalo.org/#>>. Acesso em: abril 2021.

BNP PARIBAS SECURITIES SERVICES. BNP Paribas Securities Services joins forces with Digital Asset to develop DLT trade and settlement apps. **BNP Paribas**, 15 setembro 2020. Disponível em: <<https://securities.cib.bnpparibas/bnp-paribas-securities-services-joins-forces-with-digital-asset-to-develop-dlt-trade-and-settlement-apps/>>. Acesso em: agosto 2021.

BOBBIO, N. **Teoria da norma jurídica**. 2<sup>a</sup>. ed. Bauru: Edipro, 2003.

BRASIL. EREsp 854.982/RJ, Relator Ministro Luiz Fux. **Primeira Seção do Superior Tribunal de Justiça**, 2009.

BRASIL. Recurso Especial nº 1.495.920-DF. Relator Ministro Paulo de Tarso Sanseverino. Julgado em 15 de maio de 2018. Publicado em 07 de junho de 2018. **Superior Tribunal de Justiça**, 7 junho 2018. Acesso em: agosto 2021.

BRASIL. Acórdão 1369225, 07165425920198070020. **Primeira Turma Cível do Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios**, 2021.

BRASIL. AgInt no REsp 1504921/RJ. **Superior Tribunal de Justiça**, 2021.

BRITO, J. Bitcoin Remains a Tool for Freedom, Even While Going Mainstream. **Reason**, 2014. Disponível em: <<https://reason.com/2014/05/19/bitcoin-remains-a-tool-for-freedom-even/>>. Acesso em: outubro 2021.

BRITO, J. **The Law of Bitcoin**. Bloomington: iUniverse, 2015.

BRYCE, J. **Studies in history and jurisprudence**. Nova Iorque: Oxford University Press, v. II, 1901.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **Race Against The Machine**: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy. [S.l.]: Digital Frontier, 2011.

BUCAR, D. **Superendividamento**. São Paulo: Saraiva, 2017.

BUCHANAN, A. Political Legitimacy and Democracy. **Ethics**, Chicago, v. 112, n. 4, p. 689-719, julho 2002.

BUENO, T. A. **Bitcoin e crimes de lavagem de dinheiro**. Campo Grande: Contemplar, 2020.

BUTERIN, V. **Ethereum Whitepaper**, 2013. Disponível em: <<https://ethereum.org/en/whitepaper/>>. Acesso em: 19 outubro 2020.

BUTERIN, V. DAOs, DACs, DAs and More: An Incomplete Terminology Guide. **Ethereum foundation blog**, 6 maio 2014. Disponível em: <<https://blog.ethereum.org/2014/05/06/daos-dacs-das-and-more-an-incomplete-terminology-guide/>>. Acesso em: agosto 2021.

BYRNE, M. Do Lawyers Have a Future? **Lawyer**, Londres, setembro 2016. Disponível em: <<https://www.thelawyer.com/issues/online-september-2016/do-lawyers-have-a-future-2/>>.

BYRNE, P. What do you legally “own” with Bitcoin? A short introduction to krypto-property. **Site pessoal de Preston Byrne**, 23 novembro 2018. Disponível em: <[https://prestonbyrne.com/2018/11/23/krypto\\_property/](https://prestonbyrne.com/2018/11/23/krypto_property/)>. Acesso em: setembro 2021.

CAPISIZU, L.-A. Binding Effect of Smart Contracts. **Conferința Internațională de Drept, Studii Europene și Relații Internaționale**, Bucureste, p. 661-667, maio 2019.

CARNEIRO, R. M. “Li e aceito”: violações a direitos fundamentais nos termos de uso das plataformas digitais. **Internet & Sociedade**, São Paulo, v. 1, n. 1, fevereiro 2020.

CASEY, M. J. Global Supply Chains Are About to Get Better, Thanks to Blockchain. **Harvard Business Review**, 13 março 2017. Disponível em: <<https://hbr.org/2017/03/global-supply-chains-are-about-to-get-better-thanks-to-blockchain>>. Acesso em: abril 2021.

CASEY, M. J.; VIGNA, P. **The Truth Machine: The Blockchain and the future of everything**. Nova Iorque: St. Martin's Press, 2018. 263 p.

CHRISTENSEN, C. M. **The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail**. Boston: Harvard Business Review Press, 1997.

CLARK, J.; GAUVIN, P.; ADAMS, C. Exit node repudiation for anonymity networks. In: KERR, I.; LUCOCK, C.; STEEVES, V. **Lessons from the Identity Trail: Anonymity, Privacy and Identity in a Networked Society**. Oxford: Oxford University Press, 2009.

CLOHESSY, T.; ACTON, T.; ROGERS, N. Blockchain Adoption: Technological, Organisational and Environmental Considerations. In: TREIBLMAIER, H.; BECK, R. **Business Transformation through Blockchain**. Cham: Palgrave Macmillan, v. I, 2019. p. 296.

COHEN, J. E. Copyright and the Jurisprudence of Self-Help. **Berkeley Tech Law Journal**, Irvine, v. 13, p. 1089-1143, 1998.

COHEN, M. R. Property and Sovereignty. **The Cornell Law Quarterly**, Ithaca, v. 13, n. 1, p. 8-30, dezembro 1927.

COHEN, M. R. The Basis of Contract. **Harvard Law Review**, Cambridge, v. XLVI, n. 4, p. 553-592, fevereiro 1933.



COINTELEGRAPH BRASIL. B3 poderá ser 'oráculo' em sistema de smart contracts do real digital. **Exame**, 30 setembro 2021. Disponível em: <<https://exame.com/future-of-money/b3-podera-ser-oraculo-em-sistema-de-smart-contracts-do-real-digital/>>. Acesso em: novembro 2021.

CONSTANZA, M. **Profili dell'interpretazione del contratto secondo buona fede**. Milão: Giuffrè, 1989.

COOTER, R. D.; SCHAFER, H.-B. **Solomon's Knot. How law can end the poverty of nations**. New Jersey: Princeton University Press, 2012.

COOTER, R. D.; ULEN, T. **Law & Economics**. Boston: Pearson Education, Inc, 2008.

COPPOLA, F. A Painful Lesson For The Ethereum Community. **Forbes**, 21 julho 2016. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/francescoppola/2016/07/21/a-painful-lesson-for-the-ethereum-community/?sh=44409e40bb24>>. Acesso em: outubro 2021.

CORBIN, A. L. Interpretation of Words and the Parol Evidence Rule. **Cornell Law Review**, Ithaca, v. 50, n. 2, p. 161-190, inverno 1965.

CORNELL, N. A Complainant-Oriented Approach to Unconscionability and Contract Law. **University of Pennsylvania Law Review**, Pennsylvania , n. 164, p. 1131-1175, 2016.

CORREIA, L. C. **Fatores de influência na compra de criptomoedas no Brasil**. Juiz de Fora: Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2019.

CRYPTO CORP. The First Crypto Currency. **Crypto Corp**, 2021. Disponível em: <<http://crypto-corp.com/>>. Acesso em: abril 2021.

CRYPTOKITTIES. What is CryptoKitties? **CryptoKitties**, 2021. Disponível em: <<https://www.cryptokitties.co/>>. Acesso em: abril 2021.

CRYPTOTITTIES. What are CryptoTitties? **CryptoTitties**, 2021. Disponível em: <<https://cryptotitties.fun/>>. Acesso em: abril 2021.

CUNNINGHAM, A. Decentralisation, Distrust & Fear of the Body-The Worrying Rise of Crypto-Law. **SCRIPTED**, Edinburgh, v. 13, n. 3, p. 235-257, dezembro 2016.

CUTTS, T. Smart Contract and Consumers. **West Virginia Law Review**, v. 122, p. 389-446, 2019.

CVETKOVIC, M. Smart Contracts: Revolution or Hurdle. **Collection of Papers, Faculty of Law, Niš**, Niš, n. 85, p. 242-255, novembro 2019.

DA COSTA, I. S.; PRADO, V. M.; GRUPENMACHER, G. T. **Cryptolaw: Inovação, Direito e Desenvolvimento**. São Paulo: Almedina, 2020.

DAML. Why Daml? **Daml**, 2021. Disponível em: <<https://daml.com/why-daml?hsLang=en>>. Acesso em: julho 2021.

DAUTOVIC, G. 700% Rise in Revenue for Crypto Exchanges in 2021. **Fortunly**, 2022. Disponível em: <<https://fortunly.com/news/investments/700-rise-in-revenue-for-crypto-exchanges-in-2021/#gref>>. Acesso em: março 2022.

DE BEST, R. Largest cryptocurrency exchanges based on 24h volume in the world on May 11, 2022. **Statista**, 2022. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/864738/leading-cryptocurrency-exchanges-traders/>>. Acesso em: maio 2022.

DE SOUZA, M. V. M. R. **Modelos de controle de acesso sensíveis ao contexto com uso de smart contracts**. São Carlos: Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, 2019. 120 p.

DEL CASTILLO, M. The DAO Attacked: Code Issue Leads to \$60 Million Ether Theft. **CoinDesk**, 17 junho 2016. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/markets/2016/06/17/the-dao-attacked-code-issue-leads-to-60-million-ether-theft/>>. Acesso em: outubro 2021.

DEL REY, J. How robots are transforming Amazon warehouse jobs — for better and worse. **Vox**, 2019. Disponível em: <<https://www.vox.com/recode/2019/12/11/20982652/robots-amazon-warehouse-jobs-automation>>. Acesso em: julho 2021.

DESCHAPPELL, A. Why Regulating Bitcoin Won't Work. **ConDesk**, 2014. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/markets/2014/02/25/why-regulating-bitcoin-wont-work/>>. Acesso em: janeiro 2022.

DIAKOPOULOS, N. Accountability in Algorithmic Decision Making. **Communications of the ACM**, Nova Iorque, v. 59, n. 2, p. 56-62, fevereiro 2016.

DICKSON, B. Blockchain could completely transform the music industry. **VentureBeat**, 7 janeiro 2017. Disponível em: <<https://venturebeat.com/2017/01/07/blockchain-could-completely-transform-the-music-industry/>>. Acesso em: abril 2021.

DINIZ, M. H. **Curso de Direito Civil Brasileiro: Teoria das Obrigações Contratuais e Extracontratuais**. 18<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Saraiva, v. III, 2003.

DINIZ, M. H. **Tratado teórico e prático dos contratos**. São Paulo: Saraiva, v. 1, 2003.

D'ONFRO, D. Smart Contracts and the Illusion of Automated Enforcement. **Journal of Law & Policy**, Denver, v. 61, p. 173-192, 2020.

DUROVIC, M. Law and Autonomous Systems Series: How to Resolve Smart Contract Disputes - Smart Arbitration as a Solution. **Oxford Business Law Blog**, 1º junho 2018. Disponível em: <<https://www.law.ox.ac.uk/business-law-blog/blog/2018/06/law-and-autonomous-systems-series-how-resolve-smart-contract-disputes>>. Acesso em: outubro 2021.

DUROVIC, M.; LECH, F. The Enforceability of Smart Contracts. **The Italian Law Journal**, Caserta, v. 5, n. 2, p. 493-512, 2019.

DZIEMBOWSKI, S.; FAUST, S.; HOSTÁKOVÁ, K. **General State Channel Networks**. CCS '18: Proceedings of the 2018 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. Toronto: ACM DL. 2018. p. 949-966.

EARL OF HALSBURY. **Halsbury's Laws of England**. Londres: Simon Hetherington, LLB, v. VII, 2008 [1909].

EASTERBOOK, F. H. Cyberspace and the Law of the Horse. **The University of Chicago Legal Forum**, Chicago, n. 207, p. 207-216, 1996.

EGGLESTON, K.; POSNER, E. A.; ZECKHAUSER, R. The Design and Interpretation of Contracts: Why Complexity Matters. **Northwestern University Law Review**, Evanston, v. 95, n. 1, p. 91-132, 2001.

ELKIN-KOREN, N.; PEREL, M. Accountability in Algorithmic Copyright Enforcement. **Stanford Technology Law Review**, Stanford, n. 19, p. 473-533, primavera 2016.

ELICKSON, R. C. **Order Without Law: How Neighbors Settle Disputes**. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

EOS. Voting in the EOS community. **EOS.IO**, 2021. Disponível em: <<https://eos.io/eos-public-blockchain/voting/>>. Acesso em: abril 2021.

ERTMAN, M. Smart Rules for Smart Contracts. **Jotwell: The Journal of Things We Like**, p. 89-90, 2017.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Hotchkiss v. Nat'l City Bank, 200 F. 287. **Tribunal Distrital dos Estados Unidos para o Distrito Sul de Nova York**, 30 Dezembro 1911.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Lucy v. Zehmer, 196 Va. 493. **Supremo Tribunal de Apelações da Virgínia**, 22 novembro 1954.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Pacific Gas & E. Co. v. G. W. Thomas Drayage etc. Co., S. F. No. 22580. **Suprema Corte da Califórnia**, 1968.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Hartbarger v. Frank Paxton Co., 115 N.M. 665. **Suprema Corte do Novo México**, 21 Julho 1993.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. ProCD, Inc. v. Zeidenberg, 86 F.3d 1447, 1449. **Corte de Apelações da 7ª Região**, 1996.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Barnes v. Yahoo!, Inc, 570 F.3d 1096. **Corte de Apelações dos Estados Unidos da América para o 9º Circuito**, 22 junho 2009.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. DirecTv, Inc. v. Imburgia e outros, No. 14–462. **Suprema Corte dos Estados Unidos da América**, 2015.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Sarkar v. Doe, nº 326691. **Corte de Apelações do Estado de Michigan**, 2016.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Executive Order on Ensuring Responsible Development of Digital Assets. **The White House**, 2022. Disponível em: <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2022/03/09/executive-order-on-ensuring-responsible-development-of-digital-assets/>>. Acesso em: abril 2022.

ETHEREUM. Solidity v0.8.0 Breaking Changes. **Solidity**, 2021. Disponível em: <<https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.10/080-breaking-changes.html>>. Acesso em: outubro 2021.

ETHEREUM FOUNDATION. What is Ethereum? **Ethereum Foundation**, 2018. Disponível em: <<https://ethereum.org/en/>>. Acesso em: junho 2021.

FAIRFIELD, J. A. T. Smart Contracts, Bitcoin Bats, and Consumer Protection. **Washington and Lee Law Review Online**, Lexington, v. 71, n. 2, p. 35-50, setembro 2014.

FALEIROS JÚNIOR, J. L. D. M.; ROTH, G. Como a utilização do blockchain pode afetar institutos jurídicos tradicionais? **Revista Jurídica do Ministério Público Catarinense**, Florianópolis, v. 14, n. 30, p. 39-59, junho/novembro 2019.

FELDMAN, M. et al. **Certifying and removing disparate impact**. ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. Singapura: [s.n.]. 2015. p. 1-28.

FELICIANO, Y. R. S. Bitcoin e o trilema penal econômico: a (im)prescindibilidade de uma regulação internacional. **Revista de Direito Penal Econômico e Compliance**, São Paulo, v. 2, p. 155-186, abril-junho 2020.

FERNÁNDEZ, M. R. V. **Derecho de obligaciones y contratos**. Valencia: Tirant Lo Blanch, 1995.

FINCK, M. Smart contracts as a form of solely automated processing under the GDPR. **International Data Privacy Law**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 78-94, maio 2019.

FIUZA, C. **Contratos**. Belo Horizonte: Del Rey, 2010.

FOUCAULT, M. **Em defesa da sociedade: curso no Collège de France (1975-1976)**. Tradução de Maria Ermantina Galvão. 3ª. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

FREEMAN, A. **BITCOIN - What It Is and Why It Matters**. New York: Kindle Edition, 2012.

FREITAS FILHO, R. **Intervenção Judicial nos Contratos e Aplicação dos Princípios e das Cláusulas Gerais: o caso do leasing**. Porto Alegre: Sérgio Antonio Fabris, 2009.

FRIED, C. **Contract as Promise: A Theory of Contractual Obligation**. 2ª. ed. Michigan: Oxford University Press, 2015. 904-908 p.

FRISCHMANN, B.; SELINGER, E. **Re-Engineering Humanity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

GELLMAN, B. U.S., British intelligence mining data from nine U.S. Internet companies in broad secret program. **The Washington Post**, 2013. Disponível em: <[https://www.washingtonpost.com/investigations/us-intelligence-mining-data-from-nine-us-internet-companies-in-broad-secret-program/2013/06/06/3a0c0da8-cebf-11e2-8845-d970ccb04497\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/investigations/us-intelligence-mining-data-from-nine-us-internet-companies-in-broad-secret-program/2013/06/06/3a0c0da8-cebf-11e2-8845-d970ccb04497_story.html)>. Acesso em: abril 2022.

GILLETTE, C. P. Interpretation and Standardization in Electronic Sales Contract. **SMU Law Review**, Dallas, v. 53, n. 4, p. 1431-1446, 2000.

GLENN, S. Metacontingencies in Walden Two. **Behavior Analysis and Social Action**, v. 5, p. 2-8, 1986.

GÖDEL, K. **On formally undecidable propositions of Principia Mathematica and related systems**. Nova Iorque: Basic Books, 1962.

GOETZ, C. J.; SCOTT, R. E. Enforcing Promises: An Examination of the Basis of Contract. **The Yale Law Journal**, New Haven, v. 89, n. 7, p. 1261-1322, junho 1980.

GOETZ, C. J.; SCOTT, R. E. Principles of Relational Contracts. **Virginia Law Review**, Charlottesville, v. 67, n. 6, p. 1089-1150, setembro 1981.

GOLDFARB, C. F. The Roots of SGML -- A Personal Recollection. **SGML Source**, 1996. Disponível em: <<http://www.sgmlsource.com/history/roots.htm>>. Acesso em: julho 2021.

GOMES, L. R. D. F. **Contrato com pessoa a declarar**. Rio de Janeiro: Renovar, 1994.

GOMES, O. **Contratos**. Rio de Janeiro: Forense, 2008.

GONÇALVES, C. R. **Direito Civil Brasileiro: Contratos e Atos Unilaterais**. 17<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Saraiva, v. 3, 2020.

GREEN, S. Smart Contracts, Interpretation and Rectification. **Lloyd's Maritime and Commercial Law Quarterly**, Londres, p. 234-251, 2018.

GREEN, S.; RANDALL, J. **Tort of Conversion**. Oxford: Hart Publishing, 2009.

GRIGG, I. **The Ricardian Contract**. Proceedings. First IEEE International Workshop on Electronic Contracting. San Diego: IEEE. 2004. p. 25-31.

GRIMMELMANN, J. All Smart Contracts Are Ambiguous. **Journal of Law & Innovation**, Philadelphia, v. 2, n. 1, p. 1-22, outubro 2019.

GUADAMUZ, A. Copyright, Smart Contracts, and the Blockchain. **JOTWELL**, Miami, outubro 2018.

GULLI, A. (Un)Sustainability of Bitcoin Mining. **Rutgers Computer and Technology Law Journal**, New Jersey, v. 46, n. 1, p. 95-123, 2020.

HALE, R. L. Law Making by Unofficial Minorities. **Columbia Law Review**, Nova Iorque, v. 20, n. 4, p. 451-456, abril 1920.

HARE, J. I. C. **Law of Contracts**. 21<sup>a</sup>. ed. Boston: Little, Brown, and Co., 1887.

HART, H. L. A. Definition and theory in jurisprudence. In: HART, H. L. A. **Essays in jurisprudence and philosophy**. 1<sup>a</sup>. ed. Oxford: Oxford University Press, 1983. Cap. 2, p. 21-48.

HART, O. D. Incomplete Contracts and the Theory of the Firm. **Journal of Law, Economics, & Organization**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 119-139, primavera 1988.

HEARN, M.; BROWN, R. G. Corda: A distributed ledger. **Corda Technical White Paper**, agosto 2019. Disponível em: <<https://www.r3.com/wp-content/uploads/2019/08/corda-technical-whitepaper-August-29-2019.pdf>>. Acesso em: agosto 2021.

HERTIG, A. Code as Law: How Bitcoin Could Decentralize the Courtroom. **Vice**, 3 julho 2014. Disponível em: <<https://www.vice.com/en/article/vvb79d/code-as-law-how-bitcoin-could-decentralize-the-courtroom>>. Acesso em: abril 2021.

HESTON, T. F. A Blockchain Solution to Gun Control. **PeerJ Preprints**, San Diego, v. 5, n. 3407, p. 1-10, novembro 2017.

HM LAND REGISTRY. HM Land Registry to explore the benefits of blockchain. **UK Government**, 1<sup>o</sup> outubro 2018. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/news/hm-land-registry-to-explore-the-benefits-of-blockchain>>. Acesso em: julho 2021.

HOBBS, T. **Leviatã. Matéria, forma e poder de um estado eclesiástico e civil.** Tradução de João Paulo Monteiro e Maria Beatriz Nizza da Silva. 1ª. ed. São Paulo: Abril Cultural, v. 14, 1974 [1651].

IBM INSTITUTE FOR BUSINESS VALUE. **Blockchain reinvents the consumer experience.** Somers: IBM Corporation, 2018.

JENTZSCH, C. slock.it fully integrates with Blockchains, LLC. **slock.it blog**, 9 setembro 2020. Disponível em: <<https://blog.slock.it/slock-it-fully-integrates-with-blockchains-llc-d5a2553eedb6>>. Acesso em: outubro 2021.

JIAYING, J. The Normative Role of Smart Contracts. **US-China Law Review**, Buffalo, v. 15, n. 3, p. 139-149, março 2018.

JOHNSON, D. R.; POST, D. G. Law and Borders - the Rise of Law in Cyberspace. **Stanford Law Review**, Stanford, v. 48, n. 5, p. 1367-1402, maio 1996.

JOSA, L. Os avanços da CBDC brasileira e seu impactos para os bancos e criptoativos. **Exame Future of Money**, 28 maio 2021. Disponível em: <<https://exame.com/future-of-money/cbdc-moedas-privadas/os-avancos-da-cbdc-brasileira-e-seu-impactos-para-os-bancos-e-criptoativos/>>. Acesso em: novembro 2021.

JUNQUEIRA, N. R. **Concessão de permissão a dados de saúde baseada em contratos inteligentes em plataforma de blockchain.** Goiânia: Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Goiás, 2020. 90 p.

KÄERCHER, I. **Criptomoedas e blockchain:** impacto da tecnologia da informação nos negócios e no comércio internacional. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2019. 99 p.

KAHNEMAN, D.; KNETSCH, J. L.; THALER, R. H. Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem. **Journal of Political Economy**, v. 98, p. 1325-1348, 1990.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. The Framing of Decisions and the Psychology of Choice. **Science**, v. 211, n. 4481, p. 453-458, 30 Janeiro 1981.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Rational Choice and the Framing of Decisions. **The Journal of Business**, v. 59, n. 4, p. 251-278, 1986.



KAR, R. Contract as Empowerment. **The University of Chicago Law Review**, Chicago, n. 83, p. 759-834, 2016.

KARNAPP, K. What do you legally own with Bitcoin? **Medium**, 23 novembro 2018. Disponível em: <<https://medium.com/coinmonks/what-do-you-legally-own-with-bitcoin-97b083ed6a04>>. Acesso em: julho 2021.

KATSH, E.; RABINOVICH-EINY, O. **Digital Justice: Technology and the Internet of Disputes**. Oxford: Oxford University Press, 2017.

KHOMAMI, N. British Museum enters world of NFTs with digital Hokusai postcards. **The Guardian**, 24 setembro 2021. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2021/sep/24/british-museum-nfts-digital-hokusai-postcards-lacollection>>. Acesso em: setembro 2021.

KIM, C. Sweden's Land Registry Demos Live Transaction on a Blockchain. **CoinDesk**, 15 junho 2018. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/markets/2018/06/15/swedens-land-registry-demos-live-transaction-on-a-blockchain/>>. Acesso em: abril 2021.

KIM, N. S. The Wrap Contract Moras. **Southwestern Law Review**, Georgetown, n. 44, p. 309-325, 2014.

KLASS, G. Efficient Breach. In: KLASS, G.; LETSAS, G.; SAPRAI, P. **The Philosophical Foundations of Contract Law**. Oxford: Oxford University Press, 2014. p. 362-387.

KLEENE, S. C. **Introduction to Metamathematics**. Amsterdam: Wolters-Noordhoff, 1971.

KOLIRIN, L. Man who accidentally threw out a bitcoin fortune offers \$70 million for permission to dig it up. **CNN**, 2021. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/2021/01/15/uk/bitcoin-trash-landfill-gbr-scli-intl/index.html>>. Acesso em: fevereiro 2022.

KOSBA, A. et al. **Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts**. IEEE Symposium on Security and Privacy. San Jose: [s.n.]. 2016. p. 839-858.

KRAUS, J. S. The Correspondence of Contract and Promise. **Columbia Law Review**, Nova Iorque, v. 109, n. 7, p. 1603-1649, novembro 2009.

LARENZ, K. Die Begründung von Schuldverhältnissen durch sozialtypisches Verhalten. **Neue Juristische Wochenschrift**, Frankfurt, n. 51-52, p. 1897-1900, 1956.

LARENZ, K. **Base del negocio jurídico y cumplimiento de los contratos**. 1ª. ed. Madrid: Comares, 2003 [1956].

LEAL, S. D. R. C. S. **Contratos eletrônicos: validade jurídica dos contratos via Internet**. São Paulo: Atlas, 2007.

LEDESMA, L. Binance Extended Crypto Exchange Dominance in March. **CoinDesk**, 2022. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/markets/2022/04/25/binance-extended-crypto-exchange-dominance-in-march/#:~:text=Binance%2C%20one%20of%20the%20world's,increase%20from%20the%20month%20prior.>>. Acesso em: abril 2022.

LESSIG, L. **Code and Other Laws of Cyberspace**. 2ª. ed. Nova Iorque: Basic Books, 2006.

LESWING, K. Apple's fight with Trump and the Justice Department is about more than two iPhones. **CNBC**, 2020. Disponível em: <<https://www.cnn.com/2020/01/16/apple-fbi-backdoor-battle-is-about-more-than-two-iphones.html>>. Acesso em: abril 2022.

LEVY, K. E. C. Book-Smart, Not Street-Smart: Blockchain-Based Smart Contracts and The Social Workings of Law. **Engaging Science, Technology, and Society**, n. 3, p. 1-15, 2017.

LIKER, J. **The Toyota Way**. 2ª. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2020.

LLEWELLYN, K. N. **The Common Law Tradition: Deciding Appeals**. New Orleans: Quid Pro, LLC, 2015 [1960].

LÔBO, P. L. N. **Direito civil: contratos**. 2ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

LOPES, M. M. D. S. **Exceções substanciais: exceção de contrato não cumprido: (exceptio non adimpleti contractus)**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1959.

LOPES, M. M. D. S. **Curso de Direito Civil**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v. IV, 1993.

LOUREIRO, L. G. **Contratos no novo código civil. Teoria geral e contratos em espécie**. São Paulo: Método, 2002.

LUESLEY, A. Unravelling Smart Contracts: Smart Contracts and the Law of Rescission in Canada. **Asper Review of International Business and Trade Law**, Winnipeg, n. 19, p. 155-174, 2019.

MACEDO JR., R. P. **Contratos relacionais e defesa do consumidor**. 2ª. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007.

MACHADO, D.; DONEDA, D. Direito ao anonimato na internet: fundamentos e contornos dogmáticos de sua proteção no direito brasileiro. **Revista de Direito Civil Contemporâneo**, v. 23, p. 95-140, abr-jun 2020.

MACHEEL, T. R3 Makes Code for Financial Agreements Platform Open Source. **American Banker**, 30 novembro 2016. Disponível em: <<https://www.americanbanker.com/news/r3-makes-code-for-financial-agreements-platform-open-source>>. Acesso em: julho 2021.

MACKENZIE, D. **Mechanizing Proof: Computing, Risk, and Trust (Inside Technology)**. Cambridge: MIT Press, 2004.

MACNEIL, I. R. Contracts: Adjustment of Long-Term Economic Relations Under Classical, Neoclassical, and Relational Contract Law. **Northwestern University Law Review**, Evanston, n. 72, p. 855-905, 1978.

MADALENA, J. Regulação das fronteiras da internet: um primeiro passo para uma teoria geral do direito digital. **Revista dos Tribunais**, São Paulo, v. 974, p. 81-110, dezembro 2016.

MARCUS, M. New Trends in Natural Language Processing: Statistical Natural Language Processing. In: ROE, D. B.; WILPON, J. G. **Voice Communication Between Humans and Machines**. Washington: The National Academies Press, 1994. p. 482-504.

MARIANI, O. P. A. **O Uso de Smart contracts entre empresas: uma abordagem de direito e economia**. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2019. 124 p.

MARINO, F. P. D. C. **Revisão contratual: onerosidade excessiva e modificação contratual equitativa**. São Paulo: Almedina, 2020.

MARTINS, F. E. D. L.; BRAGA, R. R. P. O fenômeno da lavagem de dinheiro e o tráfico de drogas na deep web: avanço da criminalidade virtual. **Revista Brasileira de Ciências Criminais**, São Paulo, v. 125, p. 337-354, novembro 2016.

MARTINS, G. M. **Formação dos contratos eletrônicos de consumo via internet**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010.

MARTINS, J. E. F. D. A. **Inadimplemento eficiente do contrato**. São Paulo: Tese (Doutorado em Direito) - Universidade de São Paulo, 2019.

MARTINS-COSTA, J. **Comentários ao novo Código Civil**. Rio de Janeiro: Forense, v. V, 2003.

MARTINS-COSTA, J. A cláusula de hardship e a obrigação de renegociar nos contratos de longa duração. **Revista de Arbitragem e Mediação**, São Paulo, n. 25, p. 11-39, abril/junho 2010.

MEGAW, N. Santander launches blockchain-based foreign exchange service. **Financial Times**, 12 abril 2018. Disponível em: <<https://www.ft.com/content/1e47733e-3e2a-11e8-b9f9-de94fa33a81e>>. Acesso em: julho 2021.

MEIKLEJOHN, S. et al. A fistful of Bitcoins: characterizing payments among men with no names. **Communications of the ACM**, Nova Iorque, v. 59, n. 4, p. 86-93, março 2016.

MEIRELES, R. M. V. **Autonomia privada e dignidade humana**. Rio de Janeiro: Renovar, 2009.

MELO, J. P. O. D. Bitcoin y su uso en el lavado de activos: una mirada a la experiencia euro-brasileña. **Revista Brasileira de Ciências Criminais**, São Paulo, v. 183, p. 171-198, Setembro 2021.

MENDLING, J. et al. Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities. **ACM Transactions on Management Information Systems**, Nova Iorque, v. 9, p. 1-16, janeiro 2018.

MIRANDA, P. D. **Tratado de direito privado**. São Paulo: Revista dos Tribunais, v. XXXVIII, 2012.

MITCHELL, C. Contracts and Contract Law: Challenging the Distinction between the 'Real' and 'Paper' Deal. **Oxford Journal of Legal Studies**, Oxford , v. 29, n. 4, p. 675-704, inverno 2009.

MORAIS, E. et al. A survey on zero knowledge range proofs and applications. **SN Applied Sciences**, v. 1, n. 946, p. 1-17, julho 2019.

MORRIS, D. Z. Maersk Tests Blockchain-Based Freight Tracking. **Fortune**, 5 março 2017. Disponível em: <<https://fortune.com/2017/03/05/maersk-tests-blockchain-based-freight-tracking/>>. Acesso em: abril 2021.

MORRIS-COTTERIL, N. **World Money Laundering Report**. Surrey: Vortex Centrum Limited, 2013.

MORRISON, R. Efficient Breach of International Agreements. **Denver Journal of International Law and Policy**, Denver, v. 23, n. 1, p. 183-222, 1997.

NAKAMOTO, S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. **Bitcoin Org.**, 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2020.

NASSER, P. M. **Onerosidade excessiva no contrato civil**. São Paulo: Saraiva, 2011.

NEUMANN, J. V.; MORGENSTERN, O. **Theory of Games and Economic Behavior**. New Jersey: Princeton University Press, 1944.

NG, T. S. Blockchain and beyond: Smart Contracts. **Business Law Today**, Chicago, n. 9, p. 1-2, setembro 2017.

NIMFUEHR, M. Blockchain application land register: Georgia and Sweden leading. **Medium**, 3 dezembro 2017. Disponível em: <<https://medium.com/bitcoinblase/blockchain-application-land-register-georgia-and-sweden-leading-e7fa9800170c>>. Acesso em: abril 2021.

NÓBREGA, F. F. B. Custos e Benefícios de um Sistema Jurídico baseado em Standards: uma análise econômica da boa-fé objetiva. **Economic A Enalysis of Law Review**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 170-188, julho-dezembro 2012.

NVIDIA PRESS RELEASE. NVIDIA to Acquire Arm for \$40 Billion, Creating World's Premier Computing Company for the Age of AI. **NVIDIA Newsroom**, 13 Setembro 2020. Disponível em: <<https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-to-acquire-arm-for-40->

billion-creating-worlds-premier-computing-company-for-the-age-of-ai>. Acesso em: 17 Setembro 2020.

OAB-RS. Sobre o II OAB Digital Summit. **II OAB Digital Summit**, 2020. Disponível em: <<https://oabdigitalsummit.com.br/>>. Acesso em: novembro 2021.

OERTMANN, P. **Das Recht Der Schuldverhältnisse**. Berlim: Forgotten Books [Classic Reprint Series], 2019 [1906].

ONANUGA, T. Bitcoin owner whose story went viral after he lost his wallet password says he has 'made peace' with potential \$220 million loss. **Business Insider**, 2021. Disponível em: <<https://www.businessinsider.com/bitcoin-owner-who-lost-password-made-peace-potentially-huge-loss-2021-1>>. Acesso em: janeiro 2022.

ORÉ, D. Latin American crime cartels turn to cryptocurrencies for money laundering. **Reuters Future of Money**, 8 dezembro 2020. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/mexico-bitcoin-insight-idUSKBN28I1KD>>. Acesso em: abril 2021.

O'SHIELDS, R. Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain. **North Carolina Banking Institute**, Chapel Hill, v. 21, p. 177-194, 2017.

PAREDES, M. Violação da privacidade na internet. **Revista de Direito Privado**, São Paulo, v. 9, p. 183-203, janeiro-março 2002.

PASQUALE, F. A. A Rule of Persons, Not Machines: The Limits of Legal Automation. **George Washington Law Review**, Washington, v. 87, n. 1, p. 1-55, janeiro 2019.

PENNY, D. How Much for That Pepe? Scenes from the First Rare Digital Art Auction. **The Paris Review**, 23 janeiro 2018. Disponível em: <<https://www.theparisreview.org/blog/2018/01/23/much-pepe-scenes-first-rare-digital-art-auction/>>. Acesso em: abril 2021.

PEREIRA, C. M. D. S. **Instituições de direito civil**. Rio de Janeiro: Forense, v. III, 2014 [1963].

PEREZ, C. **Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2002.

PEREZ, Y. B. US Arms Dealer Allegedly Used Bitcoin for Purchases. **CoinDesk**, 12 agosto 2015. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/markets/2015/08/12/us-arms-dealer-allegedly-used-bitcoin-for-purchases/>>. Acesso em: abril 2021.

PERLINGIERI, P. **O direito civil na legalidade constitucional**. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

POBLET, M. et al. From Athens to the Blockchain: Oracles for Digital Democracy. **Frontiers in blockchain**, Lausanne, v. 3, p. 1-11, setembro 2020.

POLINSKY, A. M.; SHAVELL, S. (Eds.). **Handbook of law and economics**. Amsterdam: Elsevier, 2007.

POLLOCK, S. F. **Principles of contract**: a treatise on the general principles concerning the validity of agreements in the law of England. London: Stevens and Sons Limited, 1936.

POPPER, N. Decoding the Enigma of Satoshi Nakamoto and the Birth of Bitcoin. **The New York Times**, 2015. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2015/05/17/business/decoding-the-enigma-of-satoshi-nakamoto-and-the-birth-of-bitcoin.html>>. Acesso em: out. 2021.

POPPER, N. A Hacking of More Than \$50 Million Dashes Hopes in the World of Virtual Currency. **The New York Times**, 17 junho 2016. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2016/06/18/business/dealbook/hacker-may-have-removed-more-than-50-million-from-experimental-cybercurrency-project.html>>. Acesso em: outubro 2021.

POPPER, N. Lost Passwords Lock Millionaires Out of Their Bitcoin Fortunes. **The New York Times**, 2021. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2021/01/12/technology/bitcoin-passwords-wallets-fortunes.html>>. Acesso em: 20 janeiro 2022.

POSNER, R. A. **Economic analysis of law**. New York: Aspen Publishers, 2010.

POTTER, N. **Revisão e resolução dos contratos no Código Civil**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2009.

PRATT, M. G. Contract: Not Promise. **Florida State University Law Review**, Tallahassee, v. 35, n. 4, p. 801-816, verão 2008.

QIN, A.; LVNI, E. China Cracks Down Harder on Cryptocurrency With New Ban. **New York Times**, 2021. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2021/09/24/business/china-cryptocurrency-bitcoin.html>>.

Acesso em: fevereiro 2022.

RADIN, M. J. Humans, Computers, and Binding Commitment. **Indiana Law Journal**, Indianapolis, v. 75, n. 4, p. 1125-1162, outono 2000.

RADIN, M. J. **Boilerplate**: The Fine Print, Vanishing Rights, and the Rule of Law. Princeton: Princeton University Press, 2014.

RADIN, M. J.; WAGNER, R. P. The Myth of Private Ordering: Rediscovering Legal Realism in Cyberspace. **Chicago-Kent Law Review**, Chicago, v. 73, p. 1295-1317, 1998.

RANKIN, W. D. Concerning an Expectancy Based Remedial Theory of Promissory Estoppel. **University of Toronto Faculty Law Review**, Toronto, n. 69, p. 116-160, 2011.

RASKIN, M. The Law and Legality of Smart Contracts. **Georgetown Law Technology Review**, Washington, v. 1, n. 2, p. 305-341, 2017.

RAWLS, J. **Political Liberalism**. Nova Iorque: Columbia University Press, 1993.

RAZ, J. Promises and Obligations. In: HACKER, P. M. S.; RAZ, J. **Law, Morality, and Society**: Essays in Honour of H.L.A. Hart. Oxford: Oxford University Press, 1977. p. 210-228.

REBOUÇAS, R. F. **Contratos Eletrônicos**: Formação e Validade. 2ª. ed. São Paulo: Almedina, 2018.

REINO UNIDO. Carlill v Carbolic Smoke Ball Co, 1 QB 256. **Corte de Apelações da Inglaterra**, 1893.

REYES, C. L. Conceptualizing Cryptolaw. **Nebraska Law Review**, Lincoln, v. 96, n. 2, p. 385-445, 2017.

RIBEIRO, R. M. L. Smart contracts no ordenamento de direito privado brasileiro à luz da teoria do fato jurídico: estudo de lawtech curitibana. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Curitiba, p. 160, 2020.



RIZZO, P. How Barclays Used R3's Tech to Build a Smart Contracts Prototype. **Coindesk**, 26 abril 2016. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/markets/2016/04/26/how-barclays-used-r3s-tech-to-build-a-smart-contracts-prototype/>>. Acesso em: julho 2021.

RODRIGUES JUNIOR, O. L. **Revisão judicial dos contratos**. São Paulo: Atlas, 2006.

RODRIGUES, U. R. Law and the blockchain. **Iowa Law Review**, Iowa City, v. 104, n. 2, p. 679-729, 2019.

ROPPO, E. **O Contrato**. Coimbra: Livraria Almedina, 1988.

SALLES, R. B. **Autotutela nas relações contratuais**. Rio de Janeiro: Processo, 2019.

SANITT, A. Smart Contracts: Challenges and Solutions. **International Journal of Online Dispute Resolution**, Haia, v. 4, n. 2, p. 62-62, junho 2018.

SANTANDER. Santander launches the first end-to-end blockchain bond. **Santander**, 12 setembro 2019. Disponível em: <<https://www.santander.com/en/press-room/press-releases/santander-launches-the-first-end-to-end-blockchain-bond>>. Acesso em: julho 2021.

SANTOLIM, C. V. M. **Efficient breach theory – a análise do rompimento eficiente dos contratos empresariais à luz da legislação brasileira e da law and economics**. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

SANTOS, J. M. D. C. **Código civil brasileiro interpretado**. 8<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v. XV, 1975.

SAPRAI, P. **Contract Law Without Foundations: Toward a Republican Theory of Contract Law**. Oxford: Oxford University Press, 2019.

SAVELYEV, A. Contract law 2.0: 'smart' contracts as the beginning of the end of classic contract law. **Information & Communications Technology Law**, v. 26, n. 2, p. 116-134, abril 2017.

SAVIGNY, F. C. V. **Of the vocation of our age for legislation and jurisprudence**. Tradução de Abraham Hayward. Londres: Littlewood & Co., 1831.

- SCHELLING, T. C. **The strategy of conflict**. Cambridge: Harvard University Press, 1960.
- SCHMITZ, A. J.; RULE, C. Online Dispute Resolution for Smart Contracts. **Journal of Dispute Resolution**, Columbia, n. 2, p. 103-126, 2019.
- SCHNEIDER, B. There's No Good Reason to Trust Blockchain Technology. **Wired**, 2 junho 2019. Disponível em: <<https://www.wired.com/story/theres-no-good-reason-to-trust-blockchain-technology/>>. Acesso em: novembro 2021.
- SCHNEIDER, J. et al. **Blockchain: Putting Theory into Practice**. Profiles in Innovation Series. Nova Iorque: The Goldman Sachs Group, Inc., 2016.
- SCHOLZ, L. H. Algorithmic Contracts. **Stanford Technology Law Review**, Stanford, v. 20, n. 2, p. 128-169, outono 2017.
- SCHREIBER, A. Contratos eletrônicos e consumo. **Revista brasileira de direito civil**, Rio de Janeiro, p. 89-110, julho/setembro 2014.
- SCHREIBER, A. **A proibição de comportamento contraditório: tutela da confiança e venire contra factum proprium**. São Paulo: Atlas, 2016.
- SCHREIBER, A. **Equilíbrio contratual e dever de renegociar**. São Paulo: Saraiva, 2018.
- SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, Socialism & Democracy**. Londres: Routledge, 2003.
- SCOTT, K. Microsoft teams up with OpenAI to exclusively license GPT-3 language model. **Official Microsoft Blog**, 2020. Disponível em: <<https://blogs.microsoft.com/blog/2020/09/22/microsoft-teams-up-with-openai-to-exclusively-license-gpt-3-language-model/>>. Acesso em: 19 outubro 2020.
- SEARLE, J. R. Minds, brains, and programs. **Behavioral and Brain Sciences**, Cambridge, v. 3, n. 3, p. 417-457, 1980.
- SEARLE, J. R. The Chinese Room. In: WILSON, R. A.; KEIL, F. **The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences**. Cambridge: MIT Press, 1999.
- SHAVELL, S. Is breach of contract immoral? **Harvard Law and Economics Discussion**, Cambridge, n. Discussion Paper No. 531, p. 1-28, maio 2005.

SHEPHERD, M. How Many Businesses Accept Bitcoin? Full List (2021). **Fundera**, 2021. Disponível em: <<https://www.fundera.com/resources/how-many-businesses-accept-bitcoin>>. Acesso em: junho 2021.

SHIFFRIN, S. V. The divergence of contract and promise. **Harvard Law Review**, Cambridge, n. 120, p. 709-753, janeiro 2007.

SINHA, S. State of IoT 2021: Number of connected IoT devices growing 9% to 12.3 billion globally, cellular IoT now surpassing 2 billion. **IoT Analytics**, 22 setembro 2021. Disponível em: <<https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/#:~:text=Reports%20%26%20Databases-,State%20of%20IoT%202021%3A%20Number%20of%20connected%20IoT%20devices%20growing,IoT%20now%20surpassing%20%20billion>>. Acesso em: outubro 2021.

SK, G. The Enforceability of Smart Contracts in India. **Court Uncourt**, Abu Dhabi, v. 12, p. 6-9, 2019.

SKINNER, B. F. **About Behaviorism**. New York: Vintage, 1976.

SKINNER, B. F. Selection by consequences. **Science**, v. 213, p. 501-504, 1981.

SKLAROFF, J. M. Smart contracts and the cost of inflexibility. **University of Pennsylvania Law Review**, Philadelphia, v. 166, n. 1, p. 263-303, maio 2017.

SMITH, S. S. **Blockchain, Artificial Intelligence and Financial Services**. Cham: Springer, 2020. 260 p.

SMOLENSKI, M. Smart Contracts: Privacy vs Confidentiality. **Medium**, 14 outubro 2017. Disponível em: <<https://medium.com/@mikesmolenski/smart-contracts-privacy-vs-confidentiality-645b6e9c6e5a>>. Acesso em: abril 2021.

SPANKCHAIN. Introducing SpankPay. **SpankChain**, 2021. Disponível em: <<https://spankchain.com/>>. Acesso em: abril 2021.

STARK, J. Making Sense of Blockchain Smart Contracts. **CoinDesk**, 24 junho 2016. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/markets/2016/06/04/making-sense-of-blockchain-smart-contracts/>>. Acesso em: abril 2021.

STINCHCOMBE, K. Blockchain is not only crappy technology but a bad vision for the future. **Medium**, 5 abril 2018. Disponível em:

<<https://medium.com/@kaistinchcombe/decentralized-and-trustless-crypto-paradise-is-actually-a-medieval-hellhole-c1ca122efdec>>. Acesso em: abril 2021.

STONE, Z. How SpankChain, An X-Rated Blockchain, Wants To Be Porn Stars Go-To Cryptocurrency. **Forbes**, 25 outubro 2017. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/zarastone/2017/10/25/how-spankchain-an-x-rated-blockchain-plans-to-provide-pornstars-with-better-payment-plans/?sh=51aa3bd33659>>. Acesso em: abril 2021.

SULEYMAN, M.; LAURIE, B. Trust, confidence and Verifiable Data Audit. **DeepMind blog**, 9 março 2017. Disponível em: <<https://deepmind.com/blog/article/trust-confidence-verifiable-data-audit>>. Acesso em: julho 2021.

SUN, Z. What Are Smart Contracts? **Nasdaq**, 7 outubro 2021. Disponível em: <<https://www.nasdaq.com/articles/what-are-smart-contracts-2021-10-07>>. Acesso em: novembro 2021.

SUNSTEIN, C. R. Lochner's Legacy. **Columbia Law Review**, Nova Iorque, v. 87, n. 5, p. 873-919, 1987.

SURDEN, H. Computable Contracts. **UC Davis Law Review**, Davis, v. 46, n. 629, p. 629-700, 2012.

SWAN, M. **Blockchain: Blueprint for a New Economy**. Sebastopol: O'Reilly, 2015. 149 p.

SYLLABA, O. Internet Smart Contracts: Are They Really Smart. **Common Law Review**, n. 16, p. 19-22, 2020.

SZABO, N. Cypherpunk trends & visions. **Venona Cypherpunks Archives**, 15 agosto 1993. Disponível em: <<https://cypherpunks.venona.com/date/1993/08/msg00426.html>>. Acesso em: agosto 2021.

SZABO, N. Smart Contracts. **Smart Contracts**, 1994. Disponível em: <<https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>>. Acesso em: 20 outubro 2020.

SZABO, N. Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. **First Monday**, v. 2, n. 9, Setembro 1997. Disponível em: <<https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469>>.

TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A. **Blockchain Revolution**: How the technology behind bitcoin and other cryptocurrencies is changing the world. Nova Iorque: Portfolio/Penguin, 2016. 416 p.

TARTUCE, F. **Direito civil**. 9ª. ed. São Paulo: Método, v. III, 2014.

TEPEDINO, G. Premissas metodológicas para a constitucionalização do direito civil. In: TEPEDINO, G. **Temas de direito civil**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

TEPEDINO, G.; KONDER, C. N.; BANDEIRA, P. G. **Fundamentos do Direito Civil: Contratos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Forense, v. 3, 2020.

TERRA, A. D. M. V. **Cláusula resolutiva expressa**. Belo Horizonte: Fórum, 2017.

THE Great Hack. Direção: Karim Amer e Jehane Noujaim. Produção: Karim Amer; Geralyn White Dreyfous, *et al.* Intérpretes: Carole Cadwalladr; David Carroll e Brittany Kaiser. [S.l.]: The Othrs. 2019.

TIMM, L. B. **Direito e Economia no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2012.

TODOROV, J. C. Laws and the Complex Control of Behavior. **Behavior and Social Issues**, v. 14, p. 86-91, 2005.

TRÓN, V.; JAMESON, H. Ethereum Homestead Documentation. **Ethereum Homestead**, 2021. Disponível em: <<https://ethdocs.org/en/latest/>>. Acesso em: outubro 2021.

TRUCCO, L. **Introduzione allo studio dell'identità individuale nell'ordinamento costituzionale italiano**. Turim: G. Giappichelli, 2004.

TURING, A. Systems of Logic Based on Ordinals. **Proceedings of the London Mathematical Society**, Londres, v. 45, n. 1, p. 161-228, 1939.

UK GOVERNMENT CHIEF SCIENTIFIC ADVISER. **Distributed Ledger Technology**: beyond block chain. Londres: UK Government Office for Science, 2016.

UK LAW COMMISSION. **Smart legal contracts**: Advice to Government. Londres: HH Associates Ltd., 2021. Disponível em: <<https://www.lawcom.gov.uk/project/smart-contracts/>>.

UNIÃO EUROPEIA. Elisa María Mostaza Claro v. Centro Móvil Milenium SL, caso C-168/05. **Primeira Câmara da Corte Europeia**, 2006.

UNSWORTH, R. Smart Contract This! An Assessment of the Contractual Landscape and the Herculean Challenges it Currently Presents for “Self-executing” Contracts. In: CORRALES, M.; FENWICK, M.; HAAPIO, H. **Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain**. Singapura: Springer, 2019. p. 285.

VERBYANY, V. Ukraine Turns to Blockchain to Boost Land Ownership Transparency. **Bloomberg**, 3 outubro 2017. Disponível em: <<https://www.bloombergquint.com/business/ukraine-turns-to-blockchain-to-boost-land-ownership-transparency>>. Acesso em: abril 2021.

VERMA, M. The Indian government is testing blockchain technology to streamline its logistics industry. **Quartz India**, 18 outubro 2021. Disponível em: <<https://qz.com/india/2075021/india-is-testing-blockchain-technology-for-its-logistics-industry/>>. Acesso em: outubro 2021.

VERMEULE, A. Connecting Positive and Normative Legal Theory. **University of Pennsylvania Journal of Constitutional Law**, Philadelphia, v. 10, n. 2, p. 387-398, janeiro 2008.

VERSTRAETE, M. The Stakes of Smart Contracts. **Loyola University Chicago Law Journal**, Chicago, v. 50, n. 3, p. 743-796, primavera 2019.

VIVAN FILHO, G. T. A. Natureza jurídica: ela está no meio de nós? **Res Severa Verum Gaudium**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 28-56, mar. 2017.

WANG, A. W. **Crypto Economy**: How blockchain, cryptocurrency, and token-economy are disrupting the financial world. Nova Iorque: Racehorse Publishing, 2018. 120 p.

WEBER, M. **Economia e Sociedade**. Tradução de Regis Barbosa e Karen Elsabe Barbosa. Brasília: UnB, 2012 [1947].

WERBACH, K. Trust, but Verify: Why the Blockchain Needs the Law. **Berkeley Technology Law Journal**, Berkeley, v. 33, n. 2, p. 490-552, Outubro 2018.

WERBACH, K.; CORNELL, N. Contracts Ex Machina. **Duke Law Journal**, v. 67, n. 2, p. 313-382, Novembro 2017.

WIEACKER, F. **El principio general de la buena fe**. Tradução de Jose Luis de los Mozos. Madrid: Civitas, 1977.

WILLIAMS, C. Blockchain Buds: Tracking Cannabis From Seed To Sale. **CryptoBriefing**, 2 setembro 2018. Disponível em: <<https://cryptobriefing.com/cannabis-blockchain-seed-to-sale/>>. Acesso em: abril 2021.

WILLISTON, S. **A treatise on the law of contracts**. New York: Baker, Voorhis & Co., 1936.

WINDSCHEID, B. **Lehrbuch des Pandektenrechts [Diritto delle pandette]**. Tradução de Carlo Fadda e Paolo Emilio Bensa. Torino: Unione tipografico-editrice torinese, 1930.

WITTGENSTEIN, L. **Investigações Filosóficas**. Tradução de Marcos G. Maontagnoli. 2ª. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.

WRIGHT, A.; DE FILIPPI, P. Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia, março 2015. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=2580664>>. Acesso em: 2020 outubro 28.

WRIGHT, A.; DE FILIPPI, P. **Blockchain and the Law: The Rule of Code**. Cambridge: Harvard University Press, 2019.

WRIGHT, B. **The Law of Electronic Commerce**. Boston: Little, Brown and Company, 1991.

XU, X.; WEBER, I.; STAPLES, M. **Architecture for Blockchain Applications**. Cham: Springer, 2019. 312 p.

YOAV, G. A Primer on Neural Network Models for Natural Language Processing. **Journal of Artificial Intelligence Research**, El Segundo, n. 57, p. 345-420, 20116.

ZANAKIS, S. H. et al. Ancient Greeks' practices and contributions in public and entrepreneurship decision making. **Interfaces**, Catonsville, v. 33, n. 6, p. 72-88, dezembro 2003.

ZITTRAIN, J. L. **The Future of the Internet and How to Stop It**. Londres: Yale University Press & Penguin UK, 2008.

ZYSKIND, G.; NATHAN, O.; PENTLAND, A. **Decentralising Privacy:** Using Blockchain to Protect Personal Data. IEEE Security and Privacy Workshops. San Jose: [s.n.]. 2015. p. 180-184.