Intermediação financeira 3.0: a reconfiguração dos custos de transação na era da tokenização[a]

Financial Intermediation 3.0: Reconfiguring Transaction Costs in the Age of Tokenization

Cristiano Aguiar de Oliveira[b]
Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Rio Grande (RS), Brasil

Tiago Piassum Teodoro[c]
Rivool Finance, Florianópolis (SC), Brasil

Manoel Gustavo Neubarth Trindade[d]
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios, São Leopoldo (RS), Brasil

Resumo: Este artigo analisa as promessas e os limites da tokenização à luz da Teoria dos Custos de Transação (TCT), com o objetivo de oferecer uma interpretação pragmática dos ganhos e das novas fricções geradas por essa tecnologia emergente. Argumenta-se que, embora a tokenização reduza diversos custos associados à intermediação tradicional — como liquidação, custódia e reconciliação —, ela também reconfigura os custos de mensuração, monitoramento e *enforcement*, deslocando-os do plano *ex-post* para o *ex-ante*. A partir dos conceitos clássicos de Coase, Williamson e North, demonstra-se que as principais disfunções observadas nos modelos tokenizados — incluindo rigidez contratual, captura de governança, fragmentação de liquidez e persistência de intermediários informacionais — são previsíveis em termos transacionais. Conclui-se que modelos baseados em tokenização, especialmente no âmbito das finanças

Editor responsável: Rafael Galvão de Almeida | DOI: 10.22456/2176-5456.152842

[a] Submissão: 12/01/2026 | Aprovação: 02/10/2026 | Publicação: 08/11/2026

[b] cristiano.oliveira@furg.br | Concepção, pesquisa e análise de dados e/ou documentos e redação e revisão do texto.

[c] tiago.piassum@rivool.finance | Concepção e redação e revisão do texto.

[d] manoel@ntrindade.com.br | Concepção e redação e revisão do texto.

Os autores declaram não haver conflito de interesse. Os conteúdos utilizados na pesquisa encontram-se no manuscrito. Foram utilizadas ferramentas de Inteligência Artificial (IA) para: revisão gramatical do texto; e redação de trechos do texto.

Esta publicação está licenciada sob os termos de Creative Commons 4.0 Internacional

descentralizadas (DeFi), representam uma transformação institucional promissora, sobretudo para países com instituições frágeis, ao permitir novos arranjos de confiança em contextos de insegurança jurídica. Propõe-se, por fim, uma agenda de pesquisa voltada à modelagem dos *trade-offs* institucionais e ao desenho de governanças adaptativas para infraestruturas descentralizadas.

Palavras-chave: Custos de transação. Tokenização. Finanças descentralizadas (DeFi). *Blockchain*.

Abstract: This paper analyzes the promises and limitations of tokenization in light of Transaction Cost Theory (TCT) to provide a pragmatic interpretation of the gains and new frictions generated by this emerging technology. It is argued that while tokenization reduces many costs associated with traditional intermediation, such as settlement, custody, and reconciliation, it also reconfigures the costs of measurement, monitoring, and enforcement, shifting them from ex-post to ex-ante planning. From the classical concepts of Coase, Williamson, and North, it is demonstrated that the central dysfunctions observed in tokenized models — including contractual rigidity, governance capture, liquidity fragmentation, and persistence of informational intermediaries — are predictable in transactional terms. It is concluded that tokenization-based models, especially in the field of decentralized finance (DeFi), represent a promising institutional transformation, especially for countries with fragile institutions, by allowing new trust arrangements in contexts of legal uncertainty. Finally, a research agenda is proposed that focuses on modeling institutional trade-offs and designing adaptive governance for decentralized infrastructures.

Keywords: Transaction costs. Tokenization. Decentralized finance (DeFi). *Blockchain*.

JEL: D23. G21. O33.

1. Introdução

A teoria econômica institucional oferece uma perspectiva fundamental para compreender as dinâmicas das transações econômicas. Ela destaca que toda transação envolve fricções, como custos de busca, negociação, monitoramento e *enforcement* (garantia do cumprimento de contratos). A magnitude desses custos determina a forma de coordenação entre agentes: via mercado, hierarquia ou arranjos híbridos. Contribuições seminais, como as de Coase (1937) e Williamson (1985), demonstram que essas fricções explicam não apenas a existência de intermediários financeiros, mas também o desenho de contratos, a estrutura de capital das empresas e até a persistência de spreads em economias modernas, mesmo em contextos altamente digitalizados.

Contudo, apesar dos avanços tecnológicos históricos, como, por exemplo, o telefone, *mainframes*, internet e computação em nuvem, que ampliaram a capacidade de processamento e comunicação, os custos unitários da intermediação financeira não registraram redução significativa. Philippon (2015) ressalta que despesas crescentes com *compliance*, reconciliação de registros financeiros e segurança cibernética mantiveram esses custos elevados, principalmente em mercados emergentes. A crise financeira de 2008 exacerbou esse cenário, ao elevar custos regulatórios e demandar esforços adicionais de harmonização entre instituições, ampliando as fricções operacionais.

Em contraste com esse cenário persistente de custos elevados, surgiu, a partir de 2015, uma oportunidade de transformação com o lançamento da rede Ethereum, a primeira infraestrutura *blockchain* capaz de executar contratos inteligentes programáveis (Buterin, 2014). Ao permitir a criação e execução automática de contratos diretamente registrados em um livro-razão distribuído, a Ethereum deu origem às aplicações financeiras descentralizadas, ou DeFi. DeFi designa um ecossistema de serviços financeiros — crédito, depósitos, negociação, derivativos e seguros — operados por *smart contracts* em *blockchains* públicas, sem necessidade de bancos, bolsas ou câmaras de compensação como intermediários centrais.

Nesse contexto, a tokenização consiste na conversão de ativos físicos ou financeiros em representações digitais (*tokens*) registradas em um livro-razão digital distribuído, viabilizando sua negociação, transferência e liquidação de forma automatizada e auditável.

É importante distinguir, desde já, três categorias de *tokens*, cujas implicações nos custos de transação diferem substancialmente. *Tokens* de ativo real (*asset-backed tokens*) representam digitalmente um ativo subjacente físico ou financeiro — um imóvel, um recebível, uma *commodity* —, preservando um vínculo jurídico com esse ativo e, portanto, dependendo de mecanismos de verificação externos à *blockchain*. *Tokens* nativos, por sua vez, não representam nenhum ativo externo: seu valor deriva inteiramente do protocolo em que circulam (como o Ether na rede Ethereum), o que os torna mais líquidos, porém sujeitos a maior volatilidade e ausência de lastro formal. Já as *stablecoins* constituem uma categoria híbrida, projetada para manter paridade com uma moeda fiduciária ou cesta de ativos, funcionando como unidade de conta e meio de liquidação dentro do ecossistema tokenizado. Como será discutido na Seção 3, essa distinção é relevante porque cada tipo de *token* desloca de forma diferente os custos *ex-ante* e *ex-post* da TCT.

Desde então, a combinação de *blockchain*, contratos inteligentes e tokenização vem sendo apontada como alternativa promissora para reduzir custos operacionais no sistema financeiro. Essas tecnologias fornecem um registro compartilhado, imutável e replicado globalmente, capaz de automatizar processos críticos como reconciliação de dados, compensação e liquidação de ativos. Ao incorporar regras regulatórias diretamente no código, eliminam-se etapas manuais e diminui-se a dependência de intermediários tradicionais, potencialmente reduzindo de forma expressiva os custos de transação do setor. Essa capacidade de automação, verificação distribuída e execução programável de regras abre caminho para arranjos institucionais mais eficientes, sustentados por novos mecanismos descentralizados de confiança.

Diversos estudos têm mostrado que a adoção em larga escala de *blockchain*, especialmente em redes permissionadas operadas por instituições financeiras tradicionais, pode gerar reduções substanciais de custos nos mercados de capitais, sobretudo em funções de *middle e back office*. Estimativas de Baltais e Sondore (2024) apontam economias efetivas entre US$ 31 bilhões e US$ 130 bilhões anuais até 2030, a depender do cenário de adoção — patamar corroborado por projeções da *Global Financial Markets Association* em colaboração com o Boston Consulting Group (GFMA, 2023) e pela OECD (2020), que situam os ganhos operacionais entre US$ 20 bilhões e US$ 100 bilhões ao ano, impulsionados

principalmente pela eliminação de redundâncias e pela automação de processos de liquidação e compensação.

Nesse cenário de reconfiguração dos custos de transação, a questão norteadora deste estudo é saber se a Teoria dos Custos de Transação (TCT) fornece um arcabouço mais abrangente para analisar os efeitos da *blockchain* e da tokenização sobre o sistema financeiro. Nesse sentido, o artigo avança em três direções ainda pouco exploradas. (i) Incorpora sistematicamente a TCT, conforme Coase, Williamson e North, para mostrar que *blockchain* e tokenização não apenas diminuem, mas redistribuem os custos de transação, e que esses efeitos variam conforme a rede seja permissionada ou não permissionada. (ii) Distingue ganhos já comprovados de eficiência, tais como a redução de reconciliação, aceleração de liquidação, automação de *compliance*, de benefícios ainda conjecturais, por meio de evidências empíricas e estudos de caso que realçam tanto as economias operacionais quanto os novos desafios de liquidez, governança e risco tecnológico. (iii) Argumenta que, sob condições institucionais adequadas, protocolos descentralizados podem ser redesenhados como instrumentos complementares capazes de mitigar custos de transação em ambientes de baixa confiança, reduzindo assim assimetrias, ampliando rastreabilidade e favorecendo inclusão financeira.

Com o intuito de alcançar esses objetivos, o trabalho está estruturado em quatro seções, incluindo esta introdução. A Seção 2 revisita os custos de transação no sistema financeiro tradicional, identificando suas principais fricções e analisando os fundamentos institucionais da intermediação. A Seção 3 examina como *blockchain* e tokenização reconfiguram esses custos, abordando evidências empíricas de redução de despesas, ganhos de eficiência, avanços em segurança, sua aplicação ao contexto institucional brasileiro e a emergência de novos custos associados à liquidez, à governança e à confiabilidade dos contratos inteligentes. Por fim, a Seção 4 sintetiza os principais achados, discute suas implicações institucionais — com ênfase na tensão entre autorregulação algorítmica e supervisão estatal — e propõe uma agenda de pesquisa interdisciplinar voltada à modelagem e mitigação dos novos custos transacionais.

2. Custos de transação no mercado financeiro tradicional

Coase (1937) demonstrou que o uso do mercado como mecanismo de coordenação econômica incorre em custos específicos, como os relacionados à busca de informações, negociação, elaboração de contratos e garantia de cumprimento. Esses custos de transação, conforme identificados pelo autor, dizem respeito ao esforço necessário para descobrir os preços relevantes, negociar os termos contratuais e formalizar um acordo distinto para cada transação. Trata-se, portanto, de custos que não decorrem da produção em si, mas da própria realização eficiente de trocas por meio do mercado.

A partir das bases estabelecidas por Coase, Williamson (1985) avançou na sistematização da TCT ao distingui-la em dois momentos: *ex-ante* e *ex-post*. Os custos *ex-ante* referem-se à busca de informações, à negociação e à redação dos contratos, enquanto os custos *ex-post* envolvem a execução, o monitoramento, a adaptação e a eventual renegociação contratual. Essa estruturação permite avaliar os custos de transação a partir de uma tipologia tripartida: (i) custos de busca e informação, (ii) custos de negociação e decisão e (iii) custos de monitoramento e *enforcement*.

Outra contribuição central de Williamson foi a identificação de três atributos das transações — especificidade de ativos, incerteza e frequência — que condicionam sua forma ótima de governança. Transações caracterizadas por elevada especificidade, alta incerteza e frequência recorrente tendem a ser organizadas por meio de estruturas hierárquicas, como no interior das firmas, ou por arranjos híbridos, como franquias, joint ventures e contratos de longo prazo. Nesses casos, a utilização de contratos puramente de mercado se torna ineficiente devido ao aumento do risco de oportunismo e das falhas contratuais.

Esses problemas decorrem de dois pressupostos comportamentais fundamentais: a **racionalidade limitada**, que impede os agentes econômicos de prever todas as contingências contratuais, resultando em contratos inevitavelmente incompletos; e o **comportamento oportunista**, que envolve a busca estratégica do interesse próprio com dolo ou astúcia. Diante dessas limitações, as instituições de governança, tais como cláusulas contratuais específicas, mecanismos privados de resolução de disputas e a atuação do Judiciário, tornam-se instrumentos essenciais para mitigar essas imperfeições comportamentais e, assim, minimizar o custo total das transações econômicas.

Complementando essa perspectiva, North (1990) ampliou o escopo da TCT ao inseri-la em um marco analítico institucional e histórico. Para o autor, as instituições, compreendidas como regras formais, normas informais e seus mecanismos de *enforcement*, moldam os incentivos econômicos e, por conseguinte, influenciam diretamente os custos de transação. Economias dotadas de instituições eficazes, como sistemas jurídicos previsíveis, proteção efetiva dos direitos de propriedade e mecanismos confiáveis de execução contratual, tendem a apresentar custos transacionais mais baixos e, portanto, maior propensão ao desenvolvimento econômico e à sofisticação dos mercados financeiros. Como resumiu North (1990, p. 19): "Quando é custoso transacionar, as instituições importam". A principal contribuição de North é trazer a ideia de que os custos de transação são moldados não apenas pelas características das transações ou pelo comportamento dos agentes, mas também pela qualidade do ambiente institucional em que essas trocas ocorrem.

A aplicação da TCT ao sistema financeiro encontra um marco inicial no trabalho de Benston e Smith (1976), que explicam a existência dos intermediários financeiros como resposta à necessidade de reduzir custos de transação associados à busca, negociação e monitoramento. Segundo os autores, instituições como os bancos operam de forma mais eficiente do que agentes individuais ao centralizar funções como análise de crédito, processamento de informações e gestão de contas, explorando economias de escala e escopo. Nesse arranjo, os bancos internalizam atividades que, se realizadas via mercado por múltiplos agentes atomizados, gerariam fricções significativas e custos excessivos.

Embora trate de conceitos semelhantes, como os custos de monitoramento, Diamond (1984) parte de uma base teórica distinta, fundamentada na teoria da agência e na assimetria de informação. Seu modelo formal introduz o conceito de "monitoramento delegado", demonstrando que, em vez de cada poupador monitorar individualmente os tomadores de crédito — o que seria ineficiente e custoso —, é mais eficaz delegar essa função a um intermediário especializado. O banco, ao intermediar os fluxos financeiros, centraliza o esforço de vigilância, reduz a duplicação de custos e melhora o cumprimento contratual. Assim, ainda que por caminhos teóricos diferentes, ambos os modelos convergem ao destacar a intermediação financeira como uma solução institucional eficiente para reduzir os

custos associados à coordenação e ao controle em mercados com informação imperfeita.

O mercado de capitais, por sua vez, constitui uma estrutura institucional complementar ao sistema bancário, concebida para mitigar custos de transação em contextos específicos. Enquanto os bancos operam majoritariamente por meio de hierarquias internas que centralizam o monitoramento e a alocação de crédito (Benston e Smith, 1976; Diamond, 1984), o mercado de capitais adota uma arquitetura híbrida. Essa estrutura combina mecanismos descentralizados de negociação de ativos padronizados com dispositivos institucionais e contratuais voltados à redução das fricções informacionais, da especificidade dos ativos e dos riscos associados à interação entre agentes com interesses divergentes (Williamson, 1985). Elementos como a divulgação obrigatória de informações, a padronização dos instrumentos financeiros e a atuação de agências reguladoras e de classificação de risco desempenham papel fundamental na mitigação dos custos informacionais e de coordenação (Grossman; Stiglitz, 1980; Boot; Thakor, 1997).

Nesse contexto, a prevalência de diferentes estruturas de intermediação financeira está de certa forma condicionada à qualidade das instituições. Sistemas legais que asseguram direitos de propriedade e *enforcement* contratual eficaz criam os incentivos necessários para o desenvolvimento de mercados de capitais amplos e diversificados (La Porta *et al*., 2000). Já em contextos institucionais frágeis, em que os custos de monitoramento e resolução de conflitos são elevados, predominam arranjos mais hierarquizados, baseados em relacionamentos de longo prazo e estruturas bancárias centralizadas (Demirgüç-Kunt; Levine, 1999). Ou seja, o desenho institucional e jurídico não apenas influencia o grau de intermediação financeira, mas também molda os padrões de alocação de recursos e o potencial de inovação no sistema financeiro.

No sistema financeiro, quatro categorias principais de fricções têm sido investigadas na literatura. A primeira, **os custos de intermediação financeira**, mede a eficiência com que o sistema conecta poupadores e tomadores. Indicadores clássicos como o spread bancário — diferença entre a taxa de captação e a taxa de empréstimo — são utilizados para mensurar esse custo. Em princípio, poderia-se esperar que avanços como o telefone, os computadores e a internet tivessem reduzido drasticamente o custo de intermediação. No entanto, Philippon (2015), ao analisar 130 anos de dados nos Estados Unidos, encontrou que o custo unitário

de intermediar recursos permaneceu relativamente estável entre 1,5% e 2% do valor intermediado, mesmo diante de sucessivas inovações tecnológicas. O que permite inferir que a presença de barreiras institucionais ou imperfeições de mercado ainda mantém as fricções elevadas mesmo diante das inovações tecnológicas.

Nas economias emergentes, os custos de intermediação financeira costumam superar, e muito, os observados nos países desenvolvidos. Esse diferencial não decorre apenas de maior risco de crédito, mas principalmente de fragilidades institucionais que ampliam as fricções do sistema financeiro. O Brasil oferece um exemplo ilustrativo: spreads bancários permanecem frequentemente acima de dois dígitos. Estudos como o de Afanasieff *et al*. (2002) mostram que fatores imediatos — inadimplência esperada, baixa concorrência, burocracia contratual e ineficiências na recuperação judicial de créditos — explicam parte desse sobrecusto. Contudo, todos esses fatores remontam, em última instância, à debilidade das instituições responsáveis por regular, supervisionar e fazer cumprir os contratos financeiros.

Nesse sentido, a abordagem de North (1990) é particularmente aplicável justamente porque essas instituições moldam os incentivos e reduzem incertezas ao longo do tempo. A ausência ou fragilidade de instituições capazes de garantir os direitos de propriedade, promover a execução eficiente de contratos e prover um ambiente jurídico previsível eleva substancialmente os custos de transação e, por consequência, os custos de intermediação financeira. Em outras palavras, spreads elevados em mercados emergentes como o brasileiro não são apenas uma questão técnica de precificação do risco, mas um sintoma de um ambiente institucional disfuncional, no qual a intermediação torna-se onerosa devido à necessidade de mecanismos adicionais para mitigar incertezas, assimetrias de informação e comportamentos oportunistas.

Uma segunda categoria relevante diz respeito aos **custos de *compliance* e reconciliação**, que também constituem uma parcela significativa dos custos de transação no sistema financeiro contemporâneo. O funcionamento cotidiano dos mercados e de seus intermediários exige que instituições financeiras incorram em elevados gastos para garantir conformidade regulatória e compatibilidade contábil entre diferentes partes envolvidas nas transações. Esses custos compreendem tanto

o cumprimento de exigências normativas quanto os procedimentos de reconciliação de registros, liquidação de operações e auditorias internas.

Após a crise financeira de 2008, observou-se uma intensificação expressiva nas exigências regulatórias globais — incluindo os acordos de Basileia III, as normas contábeis internacionais (IFRS), as obrigações fiscais transnacionais (FATCA) e os programas de combate à lavagem de dinheiro (AML/KYC) — que pressionaram as instituições financeiras a expandirem significativamente seus departamentos de *compliance*, implementarem sistemas mais rigorosos de controle interno e contratarem pessoal especializado. Estima-se que, desde então, os custos operacionais com conformidade regulatória tenham aumentado mais de 60% para bancos de varejo e corporativos, em comparação com os níveis anteriores à crise, consumindo quase toda a margem de investimento discricionário disponível nas instituições (Deloitte, 2023).

Embora tais medidas tenham como objetivo reduzir riscos sistêmicos e proteger a integridade do sistema, o fato é que elas também representam uma fonte adicional de fricções. Do ponto de vista da TCT, são custos *ex-post* que surgem da necessidade de *enforcement* institucional em um ambiente de crescente complexidade normativa. Além disso, há os **custos de reconciliação** propriamente ditos: em mercados organizados como os de ações e derivativos, a etapa de pós-negociação (*clearing e settlement*) requer que as transações sejam confirmadas, comparadas e liquidadas entre diversas instituições, tais como corretoras, câmaras de compensação, custodiantes, bancos liquidantes, etc. Esse processo envolve múltiplos registros, verificações cruzadas e prazos de liquidação que podem se estender por dias, especialmente em sistemas fragmentados. Cada discrepância ou atraso introduz novos custos operacionais e riscos, aumentando a fricção do mercado.

Ademais, o volume e a velocidade crescentes das mudanças regulatórias impõem às instituições financeiras a necessidade de constantes adaptações, tanto tecnológicas quanto administrativas. Estimativas setoriais apontam que os custos de *compliance* e reconciliação podem alcançar bilhões de dólares anualmente, consumindo uma fração relevante da receita das empresas do setor. Esses custos, embora muitas vezes invisíveis ao consumidor final, integram-se ao custo total da transação e afetam diretamente a eficiência e a acessibilidade dos serviços financeiros (Ascent, 2023).

Uma terceira categoria relevante para a compreensão das fricções no sistema financeiro refere-se aos custos associados à assimetria de informação e aos problemas de agência, que, embora distintos dos custos de transação no sentido estrito da TCT, impactam diretamente a estrutura dos contratos e a necessidade de mecanismos institucionais de monitoramento e governança. Tais fricções geram custos *ex-ante*, quando investidores realizam *due diligence* para mitigar seleção adversa, e *ex-post*, quando monitoram o comportamento de tomadores de recursos para limitar risco moral.

No mercado de capitais, Myers e Majluf (1984) mostram que empresas com informações privadas favoráveis relutam em emitir ações publicamente para evitar o desconto de preço imposto por investidores céticos — um problema de seleção adversa análogo ao "mercado de limões" de Akerlof (1970). No mercado de crédito, o modelo de Stiglitz e Weiss (1981) demonstra que, acima de certo patamar, juros mais altos intensificam a seleção adversa e o risco moral, levando os bancos a racionar crédito em vez de simplesmente encarecê-lo; Petersen e Rajan (1994) confirmam empiricamente que relacionamentos bancários de longo prazo reduzem esse custo e ampliam o acesso ao crédito.

Em síntese, a presença de assimetrias de informação amplia os custos de transação ao exigir investigações formais, monitoramento constante e contratos complexos. Como será discutido na Seção 3, mecanismos como a rastreabilidade *on-chain* e o *compliance* programável atuam justamente sobre esse tipo de fricção informacional, ao tornar verificável, em tempo real, informação que hoje depende de *due diligence* e monitoramento *ex-post* custosos.

Finalmente, uma terceira categoria de fricções refere-se às **barreiras institucionais**, as quais, conforme enfatizado por North (1990), moldam diretamente os incentivos e o desempenho econômico. Em contextos marcados por instituições frágeis, tais como sistemas judiciais lentos, insegurança jurídica, corrupção endêmica, baixa proteção aos direitos de credores e investidores e burocracias onerosas, etc., os custos de transacionar tornam-se elevados, não apenas em termos financeiros, mas também em incerteza e risco. Tais deficiências institucionais comprometem a execução de contratos e a garantia dos direitos de propriedade, elementos centrais para o funcionamento eficiente dos mercados. Como resultado, investidores enfrentam maiores exigências de retorno ou simplesmente se retraem, enquanto os agentes locais optam por estruturas mais

informais ou baseadas em relações de confiança restritas. Nesse ambiente, o desenvolvimento dos mercados financeiros é limitado não tanto pela ausência de capital ou inovação, mas pela incapacidade das instituições de assegurar um ambiente previsível e confiável para a realização de transações.

Credores internalizam esse risco institucional, uma vez que, em ambientes onde a execução de garantias ou a recuperação de crédito inadimplente é demorada e incerta, as taxas de juros cobradas são mais altas e os prazos, mais curtos. Djankov *et al*. (2007), ao analisarem dados de 129 países, encontraram que maior proteção legal aos credores e maior eficiência judicial estão associadas a maior volume de crédito privado como proporção do PIB, ou seja, quanto menor o custo institucional de transacionar, maior o desenvolvimento financeiro.

Além disso, a ausência ou fragilidade de instituições auxiliares, tais como *bureaus* de crédito, sistemas de score, registros eletrônicos de ativos e mecanismos concorrenciais eficientes, limita as possibilidades de redução de custos via inovação. Em muitos países emergentes, por exemplo, a ausência de sistemas confiáveis de informação de crédito historicamente restringiu o acesso ao crédito a pequenos círculos de relacionamento pessoal, aumentando a informalidade e a discricionariedade das decisões financeiras. A introdução de *bureaus* de crédito e sistemas de score tem demonstrado, em diversos contextos, a capacidade de reduzir assimetrias informacionais, diminuir spreads e ampliar o acesso a financiamento (Jappelli; Pagano, 2002).

3. Custos de transação no mercado financeiro com *blockchain* e tokenização

Nas últimas décadas, o sistema financeiro global tem passado por uma transformação significativa impulsionada por uma ampla gama de inovações tecnológicas. Entre essas, destacam-se as fintechs, a computação em nuvem, *big data*, a tecnologia *blockchain* e os contratos inteligentes (*smart contracts*). Essas inovações vêm sendo estudadas pela literatura econômica recente como alternativas capazes de reduzir substancialmente os custos de transação que caracterizam o modelo tradicional, sobretudo por meio da reestruturação dos processos financeiros e da eliminação de intermediários redundantes.

Recentemente, as tecnologias financeiras, muitas delas implementadas por empresas conhecidas como fintechs, têm se mostrado particularmente eficazes na

remoção de fricções nos serviços financeiros convencionais. Soluções de pagamento digital e móvel, por exemplo, reduziram drasticamente o custo e o tempo necessários para transferências de recursos, especialmente em contextos em que os serviços bancários tradicionais são ineficientes, caros ou inexistentes. Por exemplo, no âmbito das remessas internacionais, empresas como a TransferWise (atualmente Wise) conseguiram diminuir significativamente as tarifas cobradas por transações internacionais, em um setor historicamente caracterizado por transações lentas e custos superiores a 5% ou 8% do valor transferido (World Bank, 2024).

Todavia, embora essas tecnologias tenham trazido uma contribuição relevante, a tokenização de ativos surge como uma das formas mais promissoras para a reconfiguração dos custos de transação no mercado financeiro. Como definido na Introdução, independentemente de se tratar de uma rede permissionada ou não permissionada, a tokenização fundamenta-se em três pilares tecnológicos: (i) a *blockchain*; (ii) a tecnologia de livro-razão distribuído (DLT); e (iii) os contratos inteligentes.

A *blockchain* fornece a infraestrutura para o registro imutável, compartilhado e transparente das transações, conferindo maior confiabilidade ao processo de emissão e transferência de *tokens*. A tecnologia de livro-razão distribuído (DLT), por sua vez, descentraliza o armazenamento e a validação das informações, reduzindo a dependência de uma autoridade central — o que é mais característico em redes não permissionadas, mas também pode ser implementado de forma controlada em ambientes permissionados. Por fim, os contratos inteligentes são programas autônomos executados na *blockchain* que implementam automaticamente os termos de um contrato quando determinadas condições são atendidas, permitindo a automação segura e eficiente de diversos processos financeiros (Wu *et al*., 2024).

A tokenização permite reduzir fricções de negociação, por exemplo, ao redefinir a unidade mínima de investimento. Ao converter ativos físicos ou financeiros em frações digitais padronizadas, ela permite que bens tradicionalmente indivisíveis — de imóveis a carteiras de recebíveis — sejam oferecidos em lotes acessíveis ao investidor de varejo, diminuindo barreiras de entrada e ampliando a diversificação de carteiras (Schär, 2021). Em redes permissionadas, consórcios regulados controlam quem pode deter ou negociar

cada fração; em redes não permissionadas, *smart contracts* tornam esses lotes livremente transferíveis, atraindo uma base global de participantes.

Padronizados em formatos interoperáveis como ERC-20, ERC-3643 ou FA2, esses *tokens* habilitam mercados secundários 24 × 7, sem as restrições de horário das bolsas tradicionais. A negociação contínua acelera a descoberta de preços e melhora a liquidez de ativos antes ilíquidos (Aspris *et al*., 2026). Além disso, a infraestrutura *on-chain* introduz duas vantagens adicionais. Primeiro, a de composição: *tokens* e contratos se encaixam como "blocos de Lego", permitindo que novos produtos, tais como derivativos sintéticos, *vaults* de rendimento, seguros paramétricos, sejam criados sem integrações proprietárias. Segundo, a possibilidade de governança tokenizada: direitos de voto, distribuição de fluxos de caixa e regras de *upgrade* podem ser embutidos no próprio ativo digital, alinhando incentivos entre emissores e investidores.

À luz da TCT de Williamson (1985), essas transformações tecnológicas podem ser interpretadas como esforços de reorganização da governança econômica, nos quais estruturas hierárquicas ou híbridas são substituídas por arranjos mais próximos do mercado. Esses novos formatos, baseados em contratos autoexecutáveis e registros distribuídos, procuram mitigar justamente os fatores que, segundo Williamson, tornam necessária a centralização: fricções informacionais, custos de monitoramento e riscos de comportamento oportunista.

Para compreender de forma mais sistemática como essas tecnologias reconfiguram a coordenação das transações, as subseções seguintes examinarão cinco dimensões centrais desse processo: (i) a redução direta de custos operacionais e de intermediação; (ii) os ganhos de eficiência nos processos financeiros e organizacionais; (iii) os efeitos sobre a segurança, rastreabilidade e confiabilidade das transações; (iv) a aplicação dessas dinâmicas ao contexto institucional brasileiro; e (v) os novos custos e desafios decorrentes da adoção de infraestruturas descentralizadas.

3.1 Redução de custos

A tokenização permite automação de tarefas, eliminação de intermediários redundantes e simplificação de processos, reduzindo significativamente os **custos operacionais**. Etapas tradicionalmente realizadas por corretoras, custodiantes,

câmaras de liquidação e depositárias podem ser substituídas por contratos inteligentes que executam automaticamente funções como emissão de títulos, pagamentos de cupons e registro de eventos corporativos (Cohen *et al*., 2018). Essa desintermediação não apenas reduz custos diretos, como taxas administrativas, mas também reduz atrasos e falhas operacionais (FSB, 2024; OECD, 2020).

É importante ressalvar que os números a seguir não resultam de estudos submetidos a revisão por pares, mas de estimativas divulgadas pelas próprias empresas fornecedoras da tecnologia, com interesse comercial direto na adoção da tokenização; ainda assim, a convergência de ordem de grandeza entre diferentes fornecedores independentes oferece um indício direcional relevante sobre os ganhos de eficiência associados à tokenização. A plataforma BlockTower/Centrifuge relatou redução de até 97% nos custos de securitização via tokenização, enquanto a BlocHome (2024) estimou economias de 90% nos custos administrativos e de conformidade no setor imobiliário. Zoniqx (2024) projeta que a tokenização pode reduzir entre 35% e 65% os custos de operações financeiras quando comparada às práticas tradicionais de securitização, e até 85% nas funções de *middle e back-office* até 2028.

A redução dos **custos de *compliance*** constitui outro benefício relevante, particularmente importante dado o rigor regulatório enfrentado especialmente por instituições financeiras. Nesse contexto, *smart contracts* desempenham papel crucial ao automatizar procedimentos regulatórios, permitindo que verificações obrigatórias sejam realizadas diretamente no fluxo das transações, dispensando intervenções manuais e reduzindo o potencial para erros humanos e fraudes (FSA, 2024). A 21Shares, uma empresa suíça especializada na oferta de produtos de investimento em criptoativos, como ETFs e ETPs, relatou economias significativas de até 50% em despesas regulatórias por meio da adoção de contratos inteligentes e auditorias automatizadas (21Shares, 2024).

Assim como a 21Shares utiliza contratos inteligentes para automatizar obrigações de reporte e reduzir custos regulatórios, a mesma lógica de *compliance* programável vem sendo aplicada aos pagamentos internacionais. Quando dados de KYC/AML são pré-validados *on-chain* e verificados em tempo real, dispensam-se checagens manuais redundantes, agilizando a liberação dos fundos e diminuindo

taxas operacionais. Ekberg *et al*. (2021) estimam que, em redes multi-CBDC[1] com validação automática de conformidade, tais ganhos de eficiência poderiam gerar até US$ 100 bilhões por ano em economia de tarifas bancárias. Além das economias diretas, a automação reduz gastos recorrentes com equipes dedicadas ao monitoramento regulatório e às respostas a auditorias externas, reforçando a tendência observada no exemplo anterior.

Outro vetor crítico de redução de custos é a **reconciliação contábil**. A multiplicação de sistemas e registros paralelos entre instituições financeiras exige verificações manuais dispendiosas e propensas a erros. Em redes permissionadas, a adoção de tecnologias de registro distribuído (DLT) permite substituir múltiplas bases de dados institucionais por um único livro-razão compartilhado, auditável e imutável, eliminando boa parte das etapas manuais. O Bank for International Settlements (BIS, 2024) destaca que essa arquitetura reduz significativamente os custos administrativos associados à reconciliação e à resolução de discrepâncias contábeis. Já em redes não permissionadas, tais benefícios só se concretizam plenamente quando a transação inteira ocorre *on-chain* — condição ainda restrita a casos específicos como emissões nativas de *stablecoins* ou *tokens* de dívida digitalizados.

Casos de uso têm demonstrado impactos operacionais expressivos em instituições financeiras, especialmente em ambientes permissionados. A Goldman Sachs, por exemplo, indicou uma economia de 15 pontos-base na emissão de um título digital de €100 milhões por meio de sua plataforma GS DAP, enquanto a J.P. Morgan, através da Onyx Digital Assets, projeta uma redução de US$ 20 milhões em custos operacionais associados a operações de recompra (repos) tokenizadas. Iniciativas semelhantes da Broadridge, EquiLend, Intain e Vanguard reportam economias de magnitude equivalente em compensação de repos, empréstimo de títulos e processamento automatizado (Zoniqx, 2024).

Os resultados operacionais citados não se limitam a ganhos pontuais de eficiência; eles sinalizam uma **reconfiguração dos mecanismos de coordenação econômica** possibilitada pela tokenização e pelas tecnologias de registro

[1] A mCBDC refere-se a uma rede multinacional de moedas digitais emitidas por bancos centrais (*central bank digital currencies* – CBDCs), interoperáveis entre si, que permite a liquidação direta e simultânea de transações internacionais entre diferentes jurisdições. Essa arquitetura elimina etapas intermediárias do processo tradicional, como a necessidade de bancos correspondentes, reduzindo custos, prazos de liquidação e riscos de contraparte nos pagamentos internacionais.

distribuído. À luz da TCT, tais economias devem ser interpretadas como evidência de que fricções contratuais e operacionais — como monitoramento, reconciliação de registros, execução de obrigações e validação regulatória — estão sendo mitigadas por novas arquiteturas de governança, implementadas tanto em redes permissionadas quanto em ambientes não permissionados. O que se observa, portanto, não é apenas a digitalização de processos tradicionais, mas a substituição (ou reconfiguração) de funções historicamente atribuídas a intermediários centrais por mecanismos algorítmicos distribuídos. Contudo, cabe salientar que esses mecanismos só alcançam ganhos líquidos de eficiência quando inseridos em contextos institucionais capazes de sustentar sua operacionalidade, ou seja, quando há clareza regulatória, integração tecnológica e mecanismos de verificação e *enforcement* compatíveis com a nova infraestrutura.

3.2 Ganhos de eficiência

Para além da redução de custos, a tokenização introduz ganhos expressivos de eficiência operacional; no entanto, esses ganhos se materializam de maneira distinta em redes permissionadas e não permissionadas. Em ambientes permissionados — típicos de consórcios bancários, câmaras de liquidação e projetos de CBDC — a tecnologia de registro distribuído (DLT) conecta participantes autorizados a um único livro-razão compartilhado, acelerando os ciclos de liquidação, simplificando a custódia e eliminando redundâncias de registro. Em redes não permissionadas, onde os ativos já nascem *on-chain*, o mesmo mecanismo vai além da mera otimização: ele permite que a custódia, a compensação e a liquidação ocorram no momento da transação, sem depender de entidades centrais, redesenhando por completo o fluxo de negociação de ativos.

Enquanto a maioria dos mercados tradicionais ainda opera no modelo T+2, redes permissionadas em teste — como o Projeto Helvetia (Banco Nacional Suíço / BIS) ou a nova plataforma que substituirá o CHESS da ASX australiana — já mostraram ser tecnicamente capazes de liquidar em janelas de 30 a 60 minutos, liberando capital mais rapidamente e reduzindo risco de contraparte (FSB, 2024; OECD, 2020). Um outro exemplo que ilustra esse ganho de eficiência foi a emissão de um título digital de €100 milhões diretamente na *blockchain* pública Ethereum pelo Banco Europeu de Investimento (EIB) em colaboração com Goldman Sachs, Santander e Société Générale em abril de 2021. Essa operação

representou a primeira emissão primária de *tokens* digitais nativos conduzida por múltiplos *dealers* em uma *blockchain* pública. A liquidação foi realizada utilizando uma moeda digital do banco central (CBDC) emitida pela Banque de France, permitindo a conclusão da transação em um único dia útil. Nas redes não permissionadas, a liquidação é atômica (T+0) por padrão, embora dependa de que o ativo esteja integralmente tokenizado.

Essa agilidade está associada ao aumento da liquidez, especialmente em ativos ilíquidos. A possibilidade de negociações ininterruptas, combinada com o fracionamento dos ativos tokenizados, amplia significativamente o universo de investidores, ao permitir que participantes com menor capital entrem em mercados antes restritos a grandes instituições. Além disso, ao viabilizar transações fora dos horários tradicionais de pregão, inclusive em fins de semana, essas inovações estendem a janela de descoberta de preços e facilitam o ajuste contínuo de portfólios. Aspris *et al*. (2026) demonstram que, embora os mercados tokenizados ainda apresentem menor volume e maiores custos de transação em comparação aos mercados tradicionais, há evidências robustas de que, à medida que o volume negociado cresce, os spreads se estreitam e os custos efetivos diminuem. Os autores mostram que o impacto de preço, inicialmente elevado nas redes não permissionadas denominadas *Automated Market Makers* (AMMs), se reduz substancialmente com o aumento da atividade de mercado, indicando que a maturação desses ecossistemas pode aproximá-los do desempenho observado em bolsas centralizadas.

Esses resultados reforçam a ideia de que a tokenização contribui para o aperfeiçoamento dos mecanismos de formação de preços dos ativos. Em primeiro lugar, mercados tokenizados oferecem maior transparência: preços, volumes e participantes são registrados em tempo real em redes públicas ou compartilhados entre participantes autorizados em redes permissionadas. Em segundo, a padronização técnica dos *tokens* e a codificação dos contratos reduzem a assimetria informacional entre compradores e vendedores. Em terceiro, a ampliação da base de investidores e a liquidez contínua estreitam spreads e reduzem o risco de manipulação de preços. Ademais, no caso de ativos tradicionalmente negociados em ambientes opacos, como o mercado de balcão, a tokenização permite o registro auditável das condições de negociação, fortalecendo a confiança e facilitando a formação de cotações. Portanto, além de aumentar a eficiência operacional, a

tokenização atua como uma força transformadora na estrutura microeconômica dos mercados, promovendo maior eficiência na precificação de ativos.

Nesse sentido, do ponto de vista da TCT, os ganhos de eficiência promovidos pela tokenização não devem ser interpretados apenas como avanços tecnológicos, mas como evidência de uma reorganização institucional dos mecanismos de coordenação econômica. Ao automatizar funções como liquidação, custódia, verificação e execução contratual, e ao padronizar a representação digital dos ativos, a tokenização permite a transferência de custos de coordenação antes internalizados por modelos centralizados em firmas ou arranjos híbridos para uma infraestrutura de mercado descentralizada baseada em contratos inteligentes e registros distribuídos.

3.3 Ganhos de segurança

Além dos ganhos em eficiência e coordenação, a tokenização representa um avanço em termos de segurança financeira, tanto na proteção de dados quanto na integridade dos ativos e operações. Em redes permissionadas, a segurança é obtida por meio de validação restrita, regras de acesso, conformidade institucional e auditoria entre participantes previamente autorizados. Já em redes não permissionadas, a segurança depende essencialmente de mecanismos algorítmicos, consenso distribuído, transparência pública e incentivos econômicos programados.

A arquitetura tokenizada reforça a confidencialidade das informações sensíveis que circulam em operações financeiras — ordens de compra e venda, dados cadastrais de investidores, detalhes de garantias em estruturas de crédito, entre outros. No modelo tradicional, esses metadados precisam ser armazenados em sistemas centrais e trafegam por múltiplas interfaces até a liquidação final, multiplicando vetores de ataque e elevando a superfície de vazamento. A tokenização desloca esses atributos privados para um identificador substituto gerado por funções criptográficas que, mesmo se interceptado, não revela o conteúdo nem permite reidentificação sem a chave de correspondência mantida fora da cadeia.

Em transações de crédito ou recompra tokenizadas, por exemplo, o contrato inteligente armazena apenas o *hash* do dossiê de documentos — laudos de avaliação, certidões, *ratings* — preservando a veracidade por meio de provas de

integridade *on-chain*, mas mantendo o arquivo original em cofres digitais segregados. Isso significa dizer que a substituição de dados brutos por *tokens* criptograficamente vinculados reconfigura o *trade-off* entre acesso e sigilo: as partes habilitadas continuam aptas a auditar o fluxo de caixa e o cumprimento de covenants, mas atacantes externos perdem o incentivo econômico de comprometer a base de dados, pois não capturam informação economicamente explorável.

Casos de uso reforçam esse potencial de segurança. Segundo levantamento do Payment Card Industry Council, 73% dos bancos relataram redução em fraudes do tipo "cartão não presente" após a adoção da tokenização (Tripathi, 2024). Isso se deve ao fato de que os *tokens*, por não possuírem valor fora do contexto específico da transação, tornam-se inócuos em caso de interceptação.

A imutabilidade dos registros distribuídos assegura que qualquer alteração posterior a um *hash* inscrito seja imediatamente detectável, conferindo integridade probatória às obrigações tokenizadas (Narayanan *et al*., 2016). Em termos de TCT, esse mecanismo substitui a confiança depositada em um custodiante único — historicamente um ponto de oportunismo potencial — por uma validação replicada entre múltiplos nós, mitigando o risco de dupla cessão de garantias em crédito sindicalizado ou recompra (Catalini; Gans, 2016). A rastreabilidade dos livros-razão distribuídos reforça esse efeito ao vincular cada evento do ciclo de vida do ativo a um registro publicamente verificável, reduzindo a custos marginais praticamente nulos as auditorias que, no modelo tradicional, dependiam de amostragem manual e verificação *ex-post* — deslocando, na linguagem de Williamson (1985), parte do custo de monitoramento para a própria arquitetura do sistema.

Além disso, a conformidade programável codifica, *ex-ante*, regras de *due diligence*, limites de exposição e gatilhos regulatórios, bloqueando transferências que violem requisitos de KYC/AML ou restrições de investidores qualificados (Zetzsche *et al*., 2020). O resultado é um regime de *enforcement* preditivo que desloca o custo de supervisão do *back-office* para a lógica imutável do contrato inteligente, assegurando que obrigações fiduciárias sejam cumpridas automaticamente e que exceções devidamente justificadas fiquem registradas de forma indelével para escrutínio posterior (Gomber *et al*., 2018). Ao combinar rastreabilidade total, auditabilidade em tempo real e barreiras regulatórias embutidas, os sistemas tokenizados elevam o padrão de segurança operacional do

mercado financeiro, ao mesmo tempo em que comprimem custos de *compliance* e fortalecem a confiança dos *stakeholders* na veracidade das informações.

Sob a ótica da TCT, a arquitetura tokenizada realoca despesas de verificação que tradicionalmente ocorriam após a liquidação — conciliações contábeis, revisões de custódia e auditorias externas — para um investimento *ex-ante* em engenharia de software, verificação formal de contratos inteligentes e teste de robustez de oráculos. Esse deslocamento cria um "custo total de segurança" composto pelo escrutínio *peer-review* do código-fonte, pelas certificações criptográficas de bibliotecas *on-chain* e pelo monitoramento contínuo de dependências, tarefas que, embora intensivas no estágio inicial, desfrutam de economias de escala significativas quando replicadas em múltiplas emissões de crédito estruturado ou fundos tokenizados. À medida que a base de usuários e de ativos cresce, o custo marginal de aplicar rotinas automatizadas de teste de invariantes, *fuzzing* e análise estática converge para valores marginalmente menores, enquanto os benefícios de eliminar reconciliações manuais e reduzir riscos operacionais permanecem crescentes (Catalini; Gans, 2016).

Nesse sentido, indo além da questão de custos contábeis, a transição do modelo tradicional de segurança financeira — centrado em instituições hierárquicas como centrais depositárias, câmaras de compensação e bancos custodiais — para uma arquitetura baseada em registros distribuídos e contratos inteligentes representa, sob a ótica da TCT, uma reorganização profunda dos mecanismos de governança.

3.4 Aplicação ao contexto institucional brasileiro

As três dimensões discutidas nas subseções anteriores — redução de custos, ganhos de eficiência e ganhos de segurança — não se manifestam de maneira uniforme entre países, mas variam conforme a qualidade do ambiente institucional em que são aplicadas. O Brasil oferece um caso particularmente ilustrativo dessa relação: como discutido na Seção 2, spreads bancários persistentemente elevados, morosidade na recuperação judicial de garantias e concentração bancária caracterizam um ambiente institucional em que, segundo North (1990), os custos de transação tendem a ser mais elevados — e, por consequência, o espaço para ganhos advindos da tokenização tende a ser proporcionalmente maior. É digno de nota que a principal iniciativa pública nesse sentido, a moeda digital de banco

central (Drex), teve seu piloto tecnológico descontinuado pelo Banco Central no final de 2025 para reformulação, o que deslocou o protagonismo da agenda de tokenização brasileira para iniciativas conduzidas pelo próprio mercado, sob supervisão da CVM e da autorregulação setorial (Consultor Jurídico, 2026).

No que se refere à redução de custos (Seção 3.1), o principal vetor institucional é a Resolução CVM nº 88/2022, que dispensa de registro tradicional a oferta pública de valores mobiliários de pequeno porte distribuída por meio de plataformas eletrônicas de investimento participativo (*crowdfunding*) (Brasil, 2022). Ao substituir o processo tradicional de registro e as etapas de conciliação manual entre credor, devedor e instituição financiadora por um fluxo eletrônico auditável, essa moldura regulatória passou a abranger também certificados de recebíveis e outros títulos de securitização, reduzindo diretamente os custos de negociação e formalização contratual discutidos na Seção 2 — tendência que deve se intensificar com a entrada em vigor da duplicata escritural, que substitui o título físico por um registro eletrônico nacional.

Em termos de ganhos de eficiência (Seção 3.2), a Anbima lançou, em 2025, um projeto-piloto de rede DLT para testar, em ambiente supervisionado, o ciclo completo de vida de debêntures e fundos de investimento — da estruturação à liquidação, passando por emissão, transferência e eventos corporativos (Anbima, 2025). Das 39 propostas recebidas, 20 foram selecionadas para a fase de testes, envolvendo mais de 50 instituições entre bancos, gestoras de recursos e empresas de tecnologia (Anbima, 2026). A lógica é semelhante à dos projetos permissionados internacionais discutidos na Seção 3.2, como o Projeto Helvetia: testar, em ambiente controlado, se a tecnologia é capaz de reduzir os ciclos de liquidação e as redundâncias de registro que caracterizam o mercado de capitais tradicional antes de qualquer adoção em escala.

Já no campo dos ganhos de segurança e rastreabilidade (Seção 3.3), o caso da tokenização imobiliária brasileira ilustra tanto o potencial quanto os limites dessa transição. O setor tem atraído volume crescente de operações estruturadas por incorporadoras que utilizam *tokens* para fracionar empreendimentos e ampliar o acesso do investidor de varejo, seguindo a lógica de padronização e auditabilidade discutida na Seção 3.3. No entanto, diferentemente dos ganhos de auditabilidade ali descritos, a vinculação entre *tokens* digitais e matrículas imobiliárias tem enfrentado resistência normativa em nível estadual e por parte dos

cartórios de registro de imóveis, que preservam, na prática, uma camada de *enforcement* centralizado que a tecnologia por si só não elimina (Consultor Jurídico, 2026). A liquidez no mercado secundário, por sua vez, permanece um obstáculo relevante, o que sugere que a redução de custos de emissão não é necessariamente acompanhada, no curto prazo, por ganhos equivalentes de liquidez.

O caso brasileiro sintetiza, portanto, o argumento central deste artigo: os ganhos de custo, eficiência e segurança discutidos nas subseções anteriores não operam de forma automática, mas dependem da complementaridade entre a infraestrutura tecnológica e o ambiente institucional em que ela é implantada. Ambientes de baixa confiança institucional, como o brasileiro, tendem a se beneficiar mais intensamente da automação de funções antes exercidas por intermediários onerosos ou morosos, mas permanecem sujeitos às mesmas fricções institucionais residuais — registrais, regulatórias e judiciais — discutidas na subseção seguinte.

3.5 A reconfiguração dos custos de transação

Embora frequentemente destacadas por sua capacidade de reduzir custos operacionais e de intermediação, as tecnologias de registro distribuído e a tokenização não eliminam por completo os custos de transação, mas os redistribuem em novas formas. Sob a perspectiva da TCT (Williamson, 1985), esse fenômeno não deve ser interpretado como uma falha, e sim como parte de um processo de transição institucional, no qual surgem novas fricções que ainda estão sendo identificadas e gradualmente enfrentadas. Trata-se de uma dinâmica natural, considerando que essas tecnologias contam com pouco mais de uma década de desenvolvimento, enquanto o sistema financeiro tradicional é resultado de múltiplas décadas de consolidação. Na sequência, serão analisados três vetores centrais dessa reconfiguração, com ênfase tanto nos custos emergentes quanto nas soluções tecnológicas e institucionais que têm sido propostas para superá-los.

3.5.1 Contratos inteligentes incompletos, regulação, *compliance* e governança *on-chain*

Embora os contratos inteligentes tenham sido concebidos como instrumentos autoexecutáveis capazes de substituir cláusulas contratuais

tradicionais, eliminando a necessidade de intermediários e reduzindo os custos de *enforcement*, sua lógica permanece rigidamente condicionada às premissas codificadas *ex-ante*. Como demonstram Hart e Moore (1999), contratos são inevitavelmente incompletos quando não conseguem antecipar todos os estados futuros relevantes para a relação entre as partes. No caso dos contratos inteligentes, essa incompletude é amplificada pela dificuldade de adaptação a eventos inesperados — como falhas técnicas, ataques cibernéticos, *forks* de protocolo ou alterações regulatórias —, o que os torna altamente específicos e de difícil reutilização fora de seus contextos originais. Essa rigidez contratual aumenta os custos de salvaguarda e expõe os protocolos à necessidade de mecanismos externos de correção, reintroduzindo custos de transação que se buscava eliminar com a automação.

Nesse cenário, a governança *on-chain*, frequentemente apresentada como uma solução descentralizada para a adaptação institucional, revela limitações estruturais. A necessidade de coordenação entre uma base ampla e fragmentada de detentores de *tokens*, combinada à baixa participação efetiva nas deliberações coletivas, compromete a capacidade responsiva desses arranjos. Em levantamento sobre 50 DAOs, Liu (2024) constatou que a participação média nas votações foi de apenas 1,77% dos detentores de *tokens*, com uma mediana de apenas 0,10%. No caso específico da Uniswap, apenas 7,92% dos detentores participaram de ao menos uma votação durante o período analisado. Esse desengajamento favorece a concentração do poder decisório nas mãos de poucos grandes atores, convertendo estruturas originalmente concebidas como descentralizadas em formas de governança com traços oligárquicos. Além disso, os mecanismos de decisão *on-chain* tendem a ser lentos, frequentemente sujeitos a quóruns elevados e ineficazes diante de situações que exigem respostas rápidas e coordenadas, como falhas críticas no código, alterações externas imprevistas ou tentativas de manipulação do protocolo.

Diante dessas limitações, o ecossistema DeFi tem experimentado a adoção de soluções institucionais híbridas que combinam elementos de automação com estruturas deliberativas e mecanismos contingenciais de contenção de risco. Ferramentas como *pause keys* (Schär, 2021), que permitem a suspensão emergencial de contratos, mecanismos de incentivo à participação, como o *governance mining*, e sistemas de *upgrade* modular com múltiplas camadas de

aprovação têm sido progressivamente incorporados. Essas estratégias não eliminam os custos de governança, mas procuram redistribuí-los de forma mais eficiente, reconhecendo a necessidade de flexibilidade institucional sem abandonar os princípios de descentralização.

Em paralelo, o avanço da tokenização tem impulsionado a consolidação de mecanismos de conformidade automatizada, como o *compliance programável*. Padrões técnicos como o ERC-3643 exemplificam essa tendência ao integrar comandos regulatórios — exigências de KYC, listas de sanções e ordens judiciais — diretamente nos contratos inteligentes, permitindo o bloqueio automático de endereços não autorizados e a execução de comandos de congelamento ou reversão em caso de desconformidade (Zetzsche *et al*., 2020). Sob a ótica da TCT, essa transição para modelos permissionados ou não permissionados representa uma reconfiguração do *enforcement*: deslocam-se custos regulatórios recorrentes e *ex-post* — como auditorias, inspeções e relatórios — para custos fixos e concentrados *ex-ante*, relacionados à codificação de regras, verificação formal, auditoria de segurança e integração com oráculos confiáveis[2].

Especificamente sobre modelos não permissionados (DeFi), do ponto de vista da TCT, os seus arranjos não configuram uma ruptura radical com a lógica da intermediação, mas uma reconfiguração das estruturas de governança frente a novas fricções tecnológicas, informacionais e institucionais. A impossibilidade de eliminar por completo os custos de mensuração, verificação e adaptação, mesmo em sistemas altamente automatizados, evidencia a necessidade de mecanismos institucionais complementares. Nesse contexto, o que se observa é a emergência de formas de **governança relacional híbrida** (Williamson, 1991), nas quais a coordenação algorítmica é combinada a estruturas flexíveis de deliberação e salvaguarda, capazes de lidar com incertezas residuais, comportamentos oportunistas e eventos não contratualizáveis. Tais arranjos não apenas redistribuem os custos de transação, mas apontam para um novo equilíbrio institucional, em que

[2] Oráculos desempenham papel crucial na operação de contratos inteligentes ao permitir que informações do mundo real sejam inseridas na *blockchain*. No entanto, como observa Vatiero (2023), essa inserção de dados confiáveis não ocorre sem custos. Oráculos não são capazes de preencher lacunas contratuais nem interpretar eventos complexos, apenas reportam dados previamente especificados, o que limita sua capacidade de adaptação a contingências imprevistas. Além disso, sua confiabilidade e integridade tornam-se um novo ponto crítico de vulnerabilidade institucional, criando uma demanda por mecanismos de validação e supervisão que, por si só, geram novos custos de transação. Em resposta a esses desafios, o ecossistema tem experimentado alternativas como oráculos descentralizados, mecanismos de reputação e auditorias automatizadas, embora tais soluções ainda estejam em estágio de amadurecimento.

a automação amplia a eficiência operacional, mas não substitui integralmente os mecanismos de confiança, mediação e controle social que historicamente sustentam a estabilidade dos sistemas financeiros.

3.5.2 Liquidação atômica e demanda de liquidez

A liquidação atômica — isto é, a execução simultânea, irrevogável e condicionada das obrigações de ambas as partes em uma transação — representa uma das inovações centrais das redes baseadas em *blockchain*. Ao eliminar ou reduzir significativamente o intervalo temporal entre execução e liquidação, esse mecanismo remove o risco de contraparte, o que, à primeira vista, configura um avanço substancial em relação aos modelos tradicionais de liquidação diferida. No entanto, sob a ótica da TCT, esse ganho não é absoluto, mas envolve um rearranjo das fricções institucionais. Como enfatiza Williamson (1985), toda estrutura de governança econômica implica *trade-offs* entre diferentes categorias de custos. A mitigação de riscos contratuais por meio de liquidação imediata pode, paradoxalmente, aumentar os custos de coordenação e a necessidade de liquidez *ex-ante*, ao exigir a alocação integral de recursos no momento da transação. Assim, o benefício da execução simultânea pode ser contrabalançado por maiores exigências de capital e pela limitação da alavancagem, sobretudo em operações de grande escala.

A experiência recente do mercado norte-americano ilustra bem esse ponto. A DTCC (2021) demonstrou que a liquidação T+0, padrão de modelos não permissionados, de fato elimina o hiato de crédito e reduz a necessidade de margens depositadas nos fundos de garantia centralizados (como os operados pelo National Securities Clearing Corporation). No entanto, a mesma instituição estimou que, caso o modelo fosse integralmente convertido para liquidação bruta contínua, sem *netting* multilateral, o volume diário de caixa exigido no mercado acionário dos EUA saltaria de aproximadamente USD 13 bilhões para mais de USD 140 bilhões. A imposição dessa liquidez imobilizada representa um custo transacional elevado, associado à necessidade de manter ativos em condições altamente restritivas de uso. Essas estimações são corroboradas pela evidência trazida pelo BIS de que a adoção de sistemas de liquidação bruta em tempo real (RTGS), ao substituir os tradicionais ciclos de compensação, elevou

substancialmente a demanda por liquidez nas operações, exigindo, posteriormente, o desenvolvimento de mecanismos voltados à economia de caixa.

Contudo, resultados do Project Helvetia II — conduzido pelo próprio BIS em parceria com o Banco Nacional Suíço e a SIX — indicam que a utilização de ciclos curtos de liquidação com CBDC atacadista (com duração entre 30 e 60 minutos) pode reduzir em até 90% a necessidade de caixa, sem comprometer a segurança da liquidação. De modo convergente, simulações conduzidas pela FNA com algoritmos de *molecular settlement* mostram que o reordenamento dinâmico dos pagamentos permite preservar os benefícios da liquidação segura, ao mesmo tempo em que minimiza a imobilização de ativos. Ou seja, embora o aumento da demanda por liquidez se trate de um problema relevante para muitas instituições e mercados, já existem soluções sendo desenvolvidas para mitigá-lo.

3.5.3 Persistência de intermediários especializados

Um dos objetivos centrais da arquitetura DeFi é a desintermediação, ou seja, substituir estruturas bancárias tradicionais por contratos inteligentes autoexecutáveis, eliminando, assim, os custos e riscos associados à delegação de funções como crédito, custódia e liquidação. Contudo, à medida que ativos do mundo real (*real-world assets*, RWAs) são tokenizados e integrados a protocolos *on-chain*, observa-se a emergência de uma nova camada de intermediários especializados, cujas funções espelham a intermediação financeira tradicional. Esse fenômeno reforça os argumentos da TCT, segundo os quais formas organizacionais mais complexas — como firmas, intermediários ou arranjos híbridos — tendem a persistir mesmo em ambientes tecnologicamente avançados, sempre que os custos de mensuração, verificação ou salvaguarda não puderem ser adequadamente resolvidos apenas por mecanismos de mercado (Williamson, 1985).

Nos protocolos de crédito descentralizados como Goldfinch e Maple Finance, por exemplo, surgem papéis como ***originators***, que estruturam e tokenizam ativos de crédito; ***delegates***, que exercem funções análogas às de *underwriters* ao selecionar mutuários, definir condições e realizar *due diligence*; e ***auditors***, responsáveis por monitorar a performance dos contratos e mitigar riscos pós-concessão. Embora operem sob uma lógica algorítmica e com governança

distribuída via DAOs, esses agentes exercem funções essencialmente informacionais, cuja complexidade e cujo custo permanecem elevados.

Além disso, para mitigar os problemas de agência decorrentes da separação entre os delegados (que selecionam tomadores) e os provedores de liquidez (que aportam capital), muitos protocolos exigem *skin in the game* por parte dos primeiros. Na Maple, por exemplo, os *delegates* devem aportar capital próprio, geralmente na forma de *tokens* nativos ou de *tranches* subordinadas, que funcionam como colchões de primeira perda. Esse mecanismo busca alinhar incentivos ao transferir parte do risco para quem seleciona o crédito. Contudo, como aponta a TCT, essa solução introduz um novo custo: o da garantia aportada, que passa a exigir remuneração compatível com sua função absorvedora de risco. Em termos econômicos, isso significa **substituir, e não eliminar, o prêmio de risco** que historicamente remunera os bancos por sua função de monitoramento.

Esse redesenho institucional revela que, em vez de eliminar os custos de transação, os protocolos desenvolvidos em redes não permissionadas (DeFi) frequentemente os redistribuem em novas camadas de governança e coordenação.

4. Considerações finais

A trajetória de desenvolvimento da tokenização e das finanças descentralizadas (DeFi), ainda em sua primeira década de consolidação, já demonstrou um potencial considerável de transformação da lógica de intermediação financeira. Com base na Teoria dos Custos de Transação (TCT), este artigo procurou oferecer uma leitura pragmática desse fenômeno: embora muitas das fricções tradicionais tenham sido atenuadas ou eliminadas, tais como os custos de reconciliação de registros, liquidação entre múltiplas partes, validação manual de documentos e necessidade de intermediários custodiantes, outras fricções emergiram ou foram deslocadas para estágios anteriores do processo contratual. Essa constatação, longe de desmerecer os avanços dessas tecnologias, reforça sua relevância: é justamente por estar substituindo camadas inteiras de coordenação institucional que o ecossistema enfrenta, hoje, problemas historicamente atribuídos a bancos, cartórios, supervisores e sistemas de justiça.

Isso não implica, contudo, que os limites atuais dessas tecnologias e sua inserção talvez aquém do que era esperado por seus proponentes, em especial do

modelo DeFi, sejam sinais de fracasso. Ao contrário, a identificação dessas fricções deve ser entendida como parte de um processo natural de amadurecimento. Nenhuma inovação institucional complexa — e a DeFi é, antes de tudo, uma inovação institucional — resolve, em poucos anos, todos os dilemas que levaram séculos para o sistema financeiro tradicional acomodar. A compressão de custos de liquidação, o *compliance* programável, a formação de colateral digital e a rastreabilidade *on-chain* já representam ganhos expressivos, especialmente para operações transfronteiriças, estruturas de crédito emergentes e sistemas de registro e auditoria. O que permanece como desafio são as soluções de governança adaptativa, a interoperabilidade entre protocolos e a capacidade de modular o grau de rigidez ou flexibilidade dos contratos conforme o tipo de transação e o ambiente institucional.

Além disso, cabe salientar que, tal como toda mudança institucional que lida com interesses econômicos, uma transição para um modelo de finanças descentralizadas enfrenta barreiras que vão além das limitações técnicas. Há resistências institucionais de natureza política e econômica, oriundas tanto de estruturas hierárquicas estabelecidas quanto dos próprios reguladores, cujas funções, tais como autorização, supervisão, arbitragem ou imposição de sanções, tendem a ser profundamente transformadas em um ambiente regido por contratos programáveis, liquidação automática e auditoria algorítmica. Essa resistência não é apenas uma disputa por espaço no mercado financeiro, mas uma disputa por legitimidade e capacidade de definir os termos da confiança. O sucesso da DeFi em ganhar escala dependerá, em grande medida, da sua capacidade de construir pontes com o ambiente regulatório sem abdicar das eficiências que justificam sua existência.

No entanto, ainda há muito a ser trabalhado. Como agenda de pesquisa, impõe-se o aprofundamento das dimensões teóricas e tecnológicas do fenômeno. É necessário desenvolver modelos formais capazes de capturar os *trade-offs* entre rigidez e adaptabilidade em contratos inteligentes, com base nos atributos transacionais delineados por Williamson, como frequência, especificidade e incerteza. Também se mostra promissor investigar a arquitetura ótima de governança para protocolos DeFi em diferentes configurações institucionais — incluindo a comparação entre formas modulares, hierarquias mínimas e estruturas puramente distribuídas. Por fim, requer atenção o desafio de construir mecanismos

de *compliance* programáveis que sejam simultaneamente auditáveis, atualizáveis e juridicamente previsíveis, especialmente em ecossistemas onde a volatilidade regulatória é a regra.

Em suma, a DeFi não deve ser julgada por suas imperfeições presentes, mas pelo horizonte de reorganização institucional que inaugura. Ao aplicar a TCT de forma pragmática, este artigo mostrou que muitas das limitações hoje visíveis são, na verdade, sintomas de um processo de substituição funcional em andamento. Um processo que, se for bem governado, pode tornar o sistema financeiro mais acessível, transparente e eficiente. Para países de baixa confiança institucional, pode ser uma oportunidade ímpar: não de importar instituições de fora, mas de codificar, a partir do setor privado, novas formas de confiança diretamente na infraestrutura que suporta as transações econômicas.

Referências

21SHARES. *Crypto newsletter issue 260*. [S. l.]: 21Shares, 2024. Disponível em: https://www.21shares.com/en-eu/research/newsletter-issue-260. Acesso em: 5 out. 2026.

AFANASIEFF, T. S.; LHACER, P. M. V.; NAKANE, M. I. The determinants of bank interest spread in Brazil. *Money Affairs*, v. 15, n. 2, p. 183-207, 2002.

AKERLOF, G. A. The market for “lemons”: quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 84, n. 3, p. 488-500, 1970.

ANBIMA. *Projeto-piloto de rede DLT busca impulsionar o mercado de ativos tokenizados*. [S. l.]: ANBIMA, 2025. Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/noticias/projeto-piloto-de-rede-dlt-busca-impulsionar-o-mercado-de-ativos-tokenizados.htm. Acesso em: 5 out. 2026.

ANBIMA. *Projeto-piloto de tokenização entra em fase de testes com debêntures e fundos de investimento*. [S. l.]: ANBIMA, 2026. Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/noticias/projetopiloto-de-tokenizacao-entra-em-fase-de-testes-com-debentures-e-fundos-de-investimento-8A2AB28F9DAD6E80019DDAE032754BC1-00.htm. Acesso em: 5 out. 2026.

ASCENT. *The not-so-hidden costs of compliance*. [S. l.]: Ascent, 2023. Disponível em: https://www.ascentregtech.com/blog/the-not-so-hidden-costs-of-compliance/. Acesso em: 5 out. 2026.

ASPRIS, A.; DYHRBERG, A. H.; FOLEY, S. et al. Is decentralized always better? How market structure affects trading costs for tokenized assets. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, v. 109, art. 102302, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.intfin.2026.102302. Acesso em: 5 out. 2026.

BALTAIS, M.; SONDORE, E. *Economic impact potential of real-world asset tokenization*. Riga: Stockholm School of Economics in Riga, 2024. Disponível em: https://www.macroeconomics.lv/sites/default/files/2024-06/06_Baltais%20%26%20Sondore_0.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

BENSTON, G. J.; SMITH, C. W. A transactions cost approach to the theory of financial intermediation. *The Journal of Finance*, v. 31, n. 2, p. 215-231, 1976.

BIS. *Facilitating the emergence of tokenised assets*. Basel: BIS, 2024. Disponível em: https://www.bis.org/cpmi/publ/d157.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

BLOCHOME. *How tokenization reduces real estate costs*. [S. l.]: BlocHome, 2024. Disponível em: https://www.blochome.com/docs/tokenization-cost-savings.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

BOOT, A. W. A.; THAKOR, A. V. Financial system architecture. *The Review of Financial Studies*, v. 10, n. 3, p. 693-733, 1997.

BRASIL. Comissão de Valores Mobiliários. Resolução CVM nº 88, de 27 de abril de 2022. Dispõe sobre a oferta pública de distribuição de valores mobiliários de emissão de sociedades empresárias de pequeno porte realizada com dispensa de registro por meio de plataforma eletrônica de investimento participativo. Disponível em: https://conteudo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/legislacao/resolucoes/anexos/001/resol088consolid.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

BUTERIN, V. *Ethereum white paper*: a next-generation smart contract and decentralized application platform. [S. l.]: Ethereum, 2014. Disponível em: https://ethereum.org/en/whitepaper/. Acesso em: 5 out. 2026.

CATALINI, C.; GANS, J. S. *Some simple economics of the blockchain*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2016. (NBER Working Paper, n. 22952). Disponível em: https://www.nber.org/papers/w22952. Acesso em: 5 out. 2026.

COASE, R. H. The nature of the firm. *Economica*, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

COHEN, R.; SMITH, P.; ARULCHANDRAN, V.; SEHRA, A. Automation and blockchain in securities issuances. *Butterworths Journal of International Banking and Financial Law*, v. 33, p. 144-150, 2018.

CONSULTOR JURÍDICO. *As tendências que devem moldar a tokenização imobiliária em 2026*. [S. l.]: Consultor Jurídico, 12 jan. 2026. Disponível em: https://www.conjur.com.br/2026-jan-12/as-tendencias-que-devem-moldar-a-tokenizacao-imobiliaria-em-2026/. Acesso em: 5 out. 2026.

DELOITTE. *The cost of compliance and the regulatory productivity opportunity*. [S. l.]: Deloitte, 2023. Disponível em: https://www2.deloitte.com/us/en/pages/regulatory/articles/cost-of-compliance-regulatory-productivity.html. Acesso em: 5 out. 2026.

DEMIRGÜÇ-KUNT, A.; LEVINE, R. *Bank-based and market-based financial systems*: cross-country comparisons. Washington, DC: World Bank, 1999. (Policy Research Working Paper, n. 2143). Disponível em: https://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/2143.html. Acesso em: 5 out. 2026.

DIAMOND, D. W. Financial intermediation and delegated monitoring. *The Review of Economic Studies*, v. 51, n. 3, p. 393-414, 1984.

DJANKOV, S.; MCLIESH, C.; SHLEIFER, A. Private credit in 129 countries. *Journal of Financial Economics*, v. 84, n. 2, p. 299-329, 2007.

DTCC. *Advancing together*: leading the industry to accelerated settlement. New York: DTCC, 24 fev. 2021. Disponível em: https://www.dtcc.com/dtcc-connection/articles/2021/february/24/advancing-together-leading-the-industry-to-accelerated-settlement. Acesso em: 5 out. 2026.

EKBERG, J.; CHIA, T. Y.; HO, M.; LIU, L. *Unlocking $120 billion value in cross-border payments*: how banks can leverage central bank digital currencies. [S. l.]: Oliver Wyman; J.P. Morgan, 2021. Disponível em: https://www.oliverwyman.com/southeast-asia/our-expertise/insights/2021/nov/unlocking-120-billion-value-in-cross-border-payments.html. Acesso em: 5 out. 2026.

FSA. *The evolution of tokenization in the financial sector and the feasibility of the use of blockchain technology for RegTech/SupTech*. Tokyo: Financial Services Agency, 2024. Disponível em: https://www.fsa.go.jp/policy/bgin/ResearchPaper_qunie3_en.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

FSB. *The financial stability implications of tokenisation*. Basel: Financial Stability Board, 22 out. 2024. Disponível em: https://www.fsb.org/uploads/P221024-2.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

GFMA. *The impact of distributed ledger technology in global capital markets*. [S. l.]: Global Financial Markets Association; Boston Consulting Group; Clifford Chance; Cravath, Swaine & Moore, 2023. Disponível em: https://www.gfma.org/correspondence/gfma-publishes-report-on-impact-of-dlt-in-global-capital-markets/. Acesso em: 5 out. 2026.

GOMBER, P.; KAUFFMAN, R. J.; PARKER, C.; WEBER, B. W. On the fintech revolution: interpreting the forces of innovation, disruption, and transformation in financial services. *Journal of Management Information Systems*, v. 35, n. 1, p. 220-265, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1440766. Acesso em: 5 out. 2026.

GROSSMAN, S. J.; STIGLITZ, J. E. On the impossibility of informationally efficient markets. *The American Economic Review*, v. 70, n. 3, p. 393-408, 1980.

HART, O.; MOORE, J. Foundations of incomplete contracts. *The Review of Economic Studies*, v. 66, n. 1, p. 115-138, 1999.

JAPPELLI, T.; PAGANO, M. Information sharing, lending and defaults: cross-country evidence. *Journal of Banking & Finance*, v. 26, n. 10, p. 2017-2045, 2002.

LA PORTA, R.; LOPEZ-DE-SILANES, F.; SHLEIFER, A.; VISHNY, R. Investor protection and corporate governance. *Journal of Financial Economics*, v. 58, n. 1-2, p. 3-27, 2000.

LIU, G. *The illusion of democracy*: why voting in decentralized autonomous organizations is doomed to fail. Rochester, NY: Social Science Research Network, 19 fev. 2024. (SSRN Scholarly Paper). Disponível em: https://papers.ssrn.com/abstract=4441178. Acesso em: 10 maio 2025.

MYERS, S. C.; MAJLUF, N. S. Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have. *Journal of Financial Economics*, v. 13, n. 2, p. 187-221, 1984.

NARAYANAN, A.; BONNEAU, J.; FELTEN, E.; MILLER, A.; GOLDFEDER, S. *Bitcoin and cryptocurrency technologies*: a comprehensive introduction. Princeton: Princeton University Press, 2016.

NORTH, D. C. *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

OECD. *The tokenisation of assets and potential implications for financial markets*. Paris: OECD Publishing, 2020. (OECD Blockchain Policy Series). Disponível em: https://www.oecd.org/finance/The-Tokenisation-of-Assets-and-Potential-Implications-for-Financial-Markets.htm. Acesso em: 5 out. 2026.

PETERSEN, M. A.; RAJAN, R. G. The benefits of lending relationships: evidence from small business data. *The Journal of Finance*, v. 49, n. 1, p. 3-37, 1994.

PHILIPPON, T. Has the U.S. finance industry become less efficient? On the theory and measurement of financial intermediation. *American Economic Review*, v. 105, n. 4, p. 1408-1438, 2015.

SCHÄR, F. Decentralized finance: on blockchain- and smart contract-based financial markets. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, v. 103, n. 2, p. 153-174, 2021.

STIGLITZ, J. E.; WEISS, A. Credit rationing in markets with imperfect information. *The American Economic Review*, v. 71, n. 3, p. 393-410, 1981.

TRIPATHI, P. Tokenization strategy implementation with PCI compliance for digital payment in the banking sector. *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends*, v. 10, n. 5, 2024.

VATIERO, M. *Smart contracts vs incomplete contracts*: a transaction cost economics viewpoint. Trento: University of Trento, Department of Economics and Management, 2023. (DEM Working Paper).

WILLIAMSON, O. E. *The economic institutions of capitalism*: firms, markets, relational contracting. New York: Free Press, 1985.

WILLIAMSON, O. E. Comparative economic organization: the analysis of discrete structural alternatives. *Administrative Science Quarterly*, v. 36, n. 2, p. 269-296, 1991.

WORLD BANK. *Remittance prices worldwide*: Q3 2024 report. Washington, DC: World Bank, 2024. Disponível em: https://remittanceprices.worldbank.org/sites/default/files/rpw_main_report_and_annex_q324.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

WU, H.; YAO, Q.; LIU, Z. et al. Blockchain for finance: a survey. *IET Blockchain*, v. 4, n. 2, p. 101-123, 2024.

ZETZSCHE, D. A.; BUCKLEY, R. P.; ARNER, D. W.; FÖHR, L. Decentralized finance. *Journal of Financial Regulation*, v. 6, n. 2, p. 172-203, 2020.

ZONIQX. *How asset tokenization cuts costs and boosts returns*. [S. l.]: Zoniqx, 2024. Disponível em: https://www.zoniqx.com/resources/how-asset-tokenization-cuts-costs-and-boosts-returns. Acesso em: 5 out. 2026.