

**TOKENIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COMO ALTERNATIVA INOVADORA DE CAPTAÇÃO DE RECURSOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**TOKENIZATION OF REAL ESTATE PROJECTS AS AN INNOVATIVE FUNDRAISING APPROACH IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

**Carlos Alexandre Dias Andrade<sup>1</sup>**

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: [carlosalexandrediasandradee@gmail.com](mailto:carlosalexandrediasandradee@gmail.com)

ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-6413-5484>

**Jandeson de Sá Alves<sup>2</sup>**

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: [jandesondesa@gmail.com](mailto:jandesondesa@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8859-0968>

**Meuriellen Milena da Silva<sup>3</sup>**

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: [meuriellen.silva@unitpac.edu.br](mailto:meuriellen.silva@unitpac.edu.br)

ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-4686-8604>

**Wallysson Eduardo Barbosa da Silva<sup>4</sup>**

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: [wallyssoneduardosilva@gmail.com](mailto:wallyssoneduardosilva@gmail.com)

ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-6507-0914>

**RESUMO**

A tokenização de empreendimentos imobiliários apresenta-se como uma alternativa inovadora para captação de recursos no setor da construção civil, utilizando a

---

<sup>1</sup> Acadêmico do 10º Período do Curso de Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos. E-mail: [carlosalexandrediasandradee@gmail.com](mailto:carlosalexandrediasandradee@gmail.com)  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-6413-5484>.

<sup>2</sup> Acadêmico do 9º Período do Curso de Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos. E-mail: [jandesondesa@gmail.com](mailto:jandesondesa@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8859-0968>.

<sup>3</sup> Docente do Curso de Graduação - Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos, Especialista em Gerenciamento de Obras na Construção Civil pela Unopar. E-mail: [meuriellen.silva@unitpac.edu.br](mailto:meuriellen.silva@unitpac.edu.br) ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4686-8604>.

<sup>4</sup> Acadêmico do 8º Período do Curso de Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos. E-mail: [wallyssoneduardosilva@gmail.com](mailto:wallyssoneduardosilva@gmail.com)  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-6507-0914>.

tecnologia blockchain para transformar ativos físicos em representações digitais negociáveis. Este estudo analisa os fundamentos técnicos, jurídicos e operacionais desse processo, com base em revisão bibliográfica e estudo de caso aplicado. A tokenização permite o fracionamento de imóveis em tokens digitais, facilitando o acesso de pequenos e médios investidores, aumentando a liquidez do mercado e reduzindo custos de intermediação. No entanto, sua implementação enfrenta desafios significativos, especialmente em relação ao princípio da publicidade registral, à segurança jurídica e à adequação ao sistema de registro de imóveis brasileiro. Foram identificadas propostas para conciliar a inovação tecnológica com a proteção legal, como a criação de patrimônio de afetação, a instituição de custodiante imobiliário, a averbação de transações digitais na matrícula do imóvel e a emissão de tokens pelo próprio registro imobiliário. Conclui-se que, embora a tokenização ofereça benefícios como agilidade, transparência e democratização do investimento, sua consolidação depende da criação de um marco regulatório específico e da integração segura entre os ambientes digital e jurídico.

**Palavras-chave:** Tokenização Imobiliária; Captação de Recursos; Blockchain; Construção Civil; Inovação no Mercado Imobiliário.

## ABSTRACT

The tokenization of real estate developments presents itself as an innovative alternative for raising resources in the construction sector, using blockchain technology to transform physical assets into tradable digital representations. This study analyzes the technical, legal, and operational foundations of this process, based on a literature review and an applied case study. Tokenization allows the fractionalization of properties into digital tokens, facilitating access for small and medium investors, increasing market liquidity, and reducing intermediation costs. However, its implementation faces significant challenges, especially regarding the principle of registry publicity, legal security, and adaptation to the Brazilian real estate registration system. Proposals were identified to reconcile technological innovation with legal

protection, such as the creation of a dedicated asset fund, the establishment of a real estate custodian, the annotation of digital transactions in the property's registration, and the issuance of tokens by the real estate registry itself. It is concluded that although tokenization offers benefits such as speed, transparency, and democratization of investment, its consolidation depends on the creation of a specific regulatory framework and the secure integration between the digital and legal environments.

**Keywords:** Real Estate Tokenization; Fundraising; Blockchain; Construction Industry; Innovation in the Real Estate Market.

## INTRODUÇÃO

O mercado imobiliário brasileiro, tradicionalmente caracterizado por elevada burocracia, custos transacionais significativos e baixa liquidez, tem se deparado com um cenário de transformação digital acelerada. Neste contexto, a tokenização de empreendimentos imobiliários emerge como uma alternativa inovadora para captação de recursos no setor da construção civil, representando uma convergência entre tecnologia blockchain e o mercado de capitais tradicional. Conforme destacam Gomes, Gomes e Neistein (2022), esse processo converte o valor de ativos imóveis em tokens digitais inseridos em uma tecnologia de contabilidade distribuída, possibilitando o fracionamento da propriedade e a negociação em ambientes digitais seguros.

A tecnologia blockchain, que surgiu inicialmente como base para as criptomoedas, mostrou-se adequada para registrar transações de forma descentralizada, transparente e imutável (NAKAMOTO, 2008). Sua aplicação no setor imobiliário permite a criação de tokens que funcionam como prova digital de propriedade ou de participação em direitos associados ao ativo subjacente, conforme explica Borges (2023). Esta inovação apresenta-se como solução potencial para problemas históricos do setor, incluindo a democratização do acesso a investimentos imobiliários, antes restritos a grandes investidores devido aos elevados valores de entrada.

No entanto, a implementação desta tecnologia esbarra em desafios jurídicos substanciais, particularmente no que tange à compatibilidade com o sistema de registro de imóveis brasileiro. Como bem salienta Pereira (2024), o princípio da publicidade registral, fundamento do sistema registral imobiliário nacional, pode ser comprometido pela natureza descentralizada das transações em blockchain. O sistema de fôlio real, estabelecido pela Lei nº 6.015/73, exige a qualificação completa das partes e a concentração de todos os atos relativos ao imóvel em sua matrícula, características que parecem conflitar com o anonimato relativo e a descentralização inerentes às transações blockchain.

A prática já existente no Brasil, exemplificada pela Netspaces em Porto Alegre, demonstra a viabilidade operacional da tokenização, porém evidencia também a necessidade de adequação ao ordenamento jurídico. O Provimento nº 38/2021 da Corregedoria-Geral da Justiça do Rio Grande do Sul representou um primeiro passo na regulamentação do tema, estabelecendo condições para lavratura de escrituras públicas de permuta de bens imóveis por tokens, mas deixando claras as limitações quanto aos efeitos de direito real dessas operações.

Diversos autores têm se dedicado a encontrar soluções para estes impasses. Ferraz e Guimarães (2023) sugerem a utilização do instituto da multipropriedade, regulado pela Lei nº 13.777/2018, como estrutura jurídica adequada para a tokenização. Já Lopes e Rodrigues (2023) defendem a criação de um custodiante imobiliário ou de um patrimônio de afetação para conferir maior segurança aos adquirentes de tokens. Paiva (2023), por sua vez, propõe a averbação sistemática na matrícula do imóvel de todos os atos praticados no ambiente digital.

Do ponto de vista do desenvolvimento tecnológico, Gomes (2025) demonstra que a criação de plataformas de tokenização envolve a integração de diversas tecnologias, incluindo stablecoins para pagamentos, NFTs para representação dos ativos e bridges para interoperabilidade entre diferentes blockchains, organizadas por meio de metodologias ágeis como o Scrum.

Diante deste cenário complexo, que envolve tanto aspectos técnicos quanto jurídicos, torna-se fundamental investigar como a tokenização de empreendimentos imobiliários pode constituir uma alternativa viável e segura para captação de recursos no setor da construção civil. A presente pesquisa parte da premissa de que é possível conciliar os benefícios da inovação tecnológica com a segurança jurídica oferecida pelo sistema registral brasileiro, desde que adotados modelos que preservem a publicidade e a transparência das transações.

## JUSTIFICATIVA

A realização desta pesquisa justifica-se pela urgência em equacionar soluções que viabilizem a tokenização de empreendimentos imobiliários como mecanismo eficiente de captação de recursos, diante da crise de financiamento que afeta o setor da construção civil nacional.

A justificativa prática fundamenta-se na necessidade premente de alternativas aos modelos tradicionais de financiamento, marcados por juros elevados e burocracia excessiva. A tokenização apresenta-se como resposta concreta a esses desafios, permitindo que incorporadoras acessem capital de forma desintermediada e competitiva, enquanto investidores de diversos portes participem de empreendimentos antes restritos a grandes capitais.

Do ponto de vista técnico-operacional, a pesquisa justifica-se pela carência de diretrizes claras para implementação de plataformas de tokenização que compatibilizem inovação tecnológica e segurança jurídica. A ausência de padrões consagrados resulta em soluções fragmentadas e potencialmente inseguras, dificultando a adoção em larga escala da tecnologia.

A justificativa normativa decorre do vácuo regulatório identificado, onde apenas normativas administrativas pontuais, como o Provimento 38/2021 do TJRS, orientam a matéria. A pesquisa contribuirá para a construção de um marco regulatório robusto,

essencial para conferir segurança jurídica às operações e proteger os direitos de todos os envolvidos.

Socialmente, a investigação justifica-se pelo potencial de inclusão financeira que a tokenização representa, democratizando o acesso ao investimento imobiliário de qualidade e fomentando a participação popular no desenvolvimento urbano.

Academicamente, o trabalho preenche lacuna na literatura especializada, integrando perspectivas multidisciplinares sobre tokenização aplicada à construção civil – tema ainda incipiente na produção científica nacional, mas com crescente relevância internacional.

A pesquisa, portanto, posiciona-se na fronteira do conhecimento, oferecendo contribuições tanto teóricas quanto práticas para o desenvolvimento sustentável do setor da construção civil mediante adoção de tecnologias disruptivas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade técnica, jurídica e operacional da tokenização de empreendimentos imobiliários como alternativa inovadora para captação de recursos no setor da construção civil, propondo diretrizes para sua implementação segura e eficiente no contexto brasileiro.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar os benefícios e limitações da tokenização imobiliária como instrumento de captação de recursos para a construção civil, considerando aspectos de liquidez, acessibilidade e custos transacionais.
- Analisar os desafios jurídicos e regulatórios associados à tokenização de empreendimentos imobiliários, com ênfase na compatibilidade com o sistema de registro de imóveis brasileiro e no princípio da publicidade registral.

- Examinar modelos técnicos de plataformas de tokenização, incluindo a integração de tecnologias como blockchain, smart contracts, stablecoins e NFTs, e sua aplicabilidade no contexto da construção civil.
- Investigar propostas de adequação jurídica para a tokenização imobiliária, tais como a criação de custodiante imobiliário, a utilização do instituto da multipropriedade e mecanismos de averbação de transações digitais.
- Desenvolver um modelo conceitual de tokenização aplicado a um empreendimento simulado.

## **DELIMITAÇÃO DO ESTUDO**

O presente estudo circunscreve-se à análise da tokenização de empreendimentos imobiliários especificamente voltada para a captação de recursos no setor da construção civil brasileira, considerando o período de 2020 a 2024 que marcou o surgimento e a consolidação das primeiras iniciativas práticas no país. A investigação focaliza os aspectos técnicos, jurídicos e operacionais essenciais para a compreensão do fenômeno, privilegiando a análise de casos concretos já documentados na literatura especializada e as soluções tecnológicas desenvolvidas para viabilizar essas operações. Optou-se por não aprofundar questões meramente econômicas ou tributárias, tampouco realizar análises comparativas internacionais extensivas, mantendo o foco na realidade nacional e nas particularidades do sistema jurídico-registral brasileiro. A pesquisa fundamenta-se principalmente nas experiências práticas relatadas nos trabalhos de Gomes (2025) e Pereira (2024), bem como na normativa pioneira do Provimento 38/2021 do Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, que representam as bases concretas sobre as quais se assenta a discussão proposta.

## **ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução da pesquisa, abordando a contextualização do tema, a problemática, os

objetivos e a justificativa do estudo. O segundo capítulo corresponde à fundamentação teórica, na qual são discutidos os principais conceitos relacionados à Engenharia Civil, Blockchain, tokenização imobiliária, interoperabilidade entre redes e desafios do financiamento imobiliário no Brasil.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia adotada, descrevendo os procedimentos da pesquisa, as tecnologias utilizadas e o modelo conceitual de tokenização proposto. O quarto capítulo contempla o desenvolvimento do estudo de caso, incluindo a caracterização do empreendimento simulado, a estruturação do ativo tokenizado, a simulação da emissão dos tokens e a análise do fluxo financeiro integrado ao cronograma físico da obra.

No quinto capítulo são apresentados os resultados e discussões da pesquisa, com foco na análise da viabilidade do modelo proposto, nos benefícios observados e nas limitações tecnológicas e regulatórias identificadas. Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais do estudo, retomando os principais resultados, contribuições, limitações e perspectivas futuras relacionadas à aplicação da tokenização no setor da construção civil.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **A evolução tecnológica na Engenharia Civil**

A Engenharia Civil é historicamente uma das áreas mais impactadas pela evolução tecnológica, tanto em seus métodos construtivos quanto em suas formas de gestão e planejamento. Desde o advento do concreto armado e das técnicas de pré-fabricação no século XX, até a introdução de softwares de modelagem como o Building Information Modeling (BIM), a inovação tem sido uma força motriz de transformação (SILVA; ALMEIDA, 2022).

Segundo Kerzner (2017), a incorporação de tecnologias digitais em processos de engenharia contribui não apenas para a precisão técnica, mas também para o controle de custos e prazos. Essa digitalização promoveu uma mudança significativa na cultura

organizacional das construtoras, que passaram a adotar metodologias ágeis e ferramentas colaborativas.

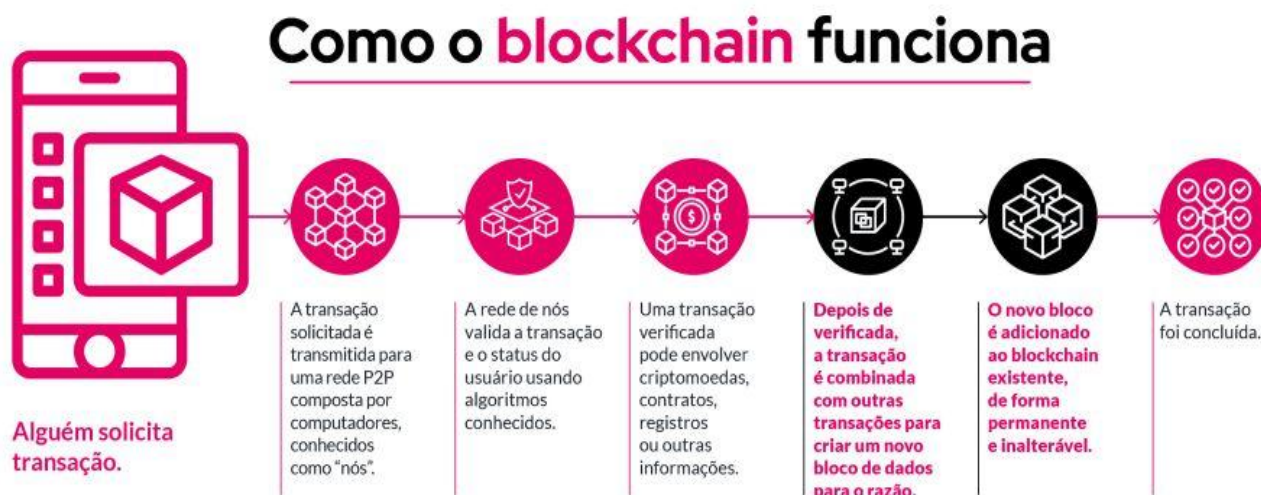
No contexto contemporâneo, a chamada Indústria 4.0 trouxe novas perspectivas para a Engenharia Civil, integrando Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e Big Data às atividades de planejamento, execução e manutenção de empreendimentos (RODRIGUES; FREITAS, 2023). A conectividade entre sistemas e a automação de processos vêm permitindo o surgimento de modelos de gestão mais sustentáveis, eficientes e transparentes.

Entretanto, mesmo com avanços expressivos, o setor ainda enfrenta desafios ligados à transparência de dados, rastreabilidade de materiais e controle financeiro — questões que dificultam a plena integração entre os agentes envolvidos nos projetos (ABRAINC, 2024). Nesse cenário, tecnologias emergentes como a Blockchain começam a ser estudadas como possíveis soluções para a segurança da informação e gestão descentralizada de processos na construção civil (OLIVEIRA; SANTOS, 2024).

## **Blockchain**

A tecnologia Blockchain, introduzida em 2008 por Satoshi Nakamoto em seu artigo sobre o Bitcoin, consiste em um sistema de registro distribuído que permite o armazenamento de informações de forma imutável, transparente e descentralizada (NAKAMOTO, 2008). Diferentemente das bases de dados tradicionais, que dependem de uma autoridade central para validação, a Blockchain utiliza um consenso coletivo entre nós de rede para validar transações (NARAYANAN et al., 2016).

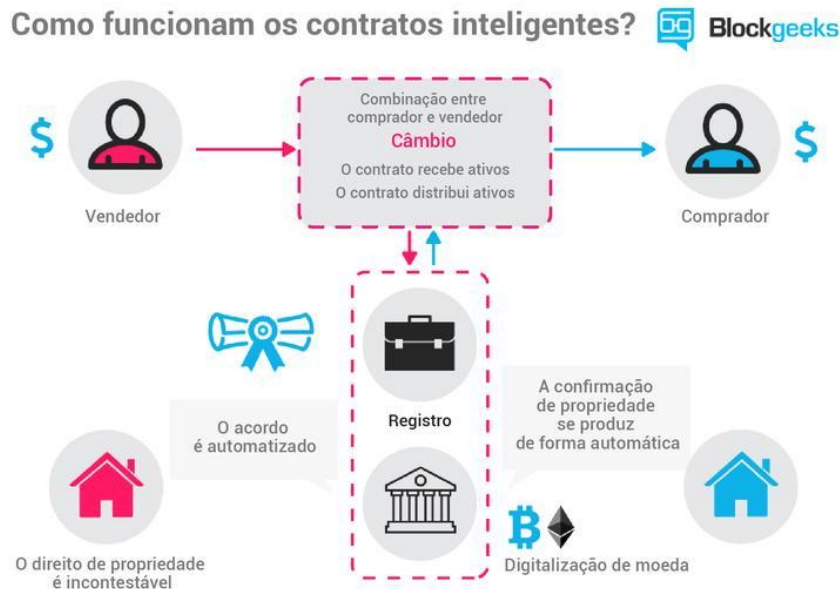
Figura 1: Funcionamento da transação de rede.



Fonte: DISTRITO.ME.

De acordo com Tapscott e Tapscott (2016), a Blockchain pode ser compreendida como um "livro-razão digital incorruptível", capaz de registrar qualquer tipo de valor — desde moedas até contratos e ativos digitais. Essa característica possibilita que diferentes setores da economia explorem aplicações que vão além das criptomoedas, abrangendo áreas como cadeias de suprimentos, registros públicos, contratos inteligentes (smart contracts) e tokenização de ativos reais.

**Figura 2:** Funcionamento de um contrato inteligente.



**Fonte:** jusbrasil.

Antonopoulos (2017) explica que a segurança da Blockchain se baseia na criptografia de chave pública e em algoritmos de hash, que garantem a integridade dos dados inseridos. Cada bloco contém um identificador único do anterior, formando uma cadeia sequencial impossível de ser alterada sem que toda a rede perceba a modificação.

A tecnologia pode operar em diferentes formatos: públicas, privadas ou híbridas. As Blockchains públicas, como o Bitcoin e o Ethereum, permitem a participação aberta de qualquer usuário, enquanto as privadas são controladas por instituições específicas, sendo mais adequadas a ambientes corporativos, como o setor da construção civil (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

Na visão de Rodrigues e Freitas (2023), o potencial da Blockchain para o setor de engenharia está em sua capacidade de registrar todas as etapas de um empreendimento — desde o fornecimento de materiais até a execução da obra — de forma verificável e auditável por todos os envolvidos. Esse tipo de rastreabilidade reduz o risco de fraudes e aumenta a confiança entre contratantes, investidores e gestores de projetos.

Por outro lado, o alto consumo energético e a baixa escalabilidade ainda são desafios relevantes para a adoção em larga escala. No entanto, avanços como os protocolos de consenso Proof of Stake (PoS) e o desenvolvimento de sidechains e bridges têm ampliado a eficiência e a interoperabilidade das redes (OECD, 2022).

### **Bridges e interoperabilidade Blockchain**

A interoperabilidade é um dos temas centrais no desenvolvimento contemporâneo das Blockchains, representando a capacidade de diferentes redes se comunicarem entre si, trocando informações e valores de maneira segura. Essa interação é viabilizada pelas chamadas “bridges” (pontes) — protocolos que permitem a transferência de ativos e dados entre Blockchains distintas, como Bitcoin, Ethereum, Polygon e outras (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

Existem diferentes tipos de bridges, incluindo as centralizadas (custodiais) e as descentralizadas (não-custodiais). As bridges centralizadas dependem de um operador central para custodiar os ativos originais, enquanto as descentralizadas utilizam protocolos algorítmicos e garantias criptoeconômicas para assegurar as transações.

Segundo Narayanan et al. (2016), a interoperabilidade é fundamental para a consolidação de um ecossistema Blockchain funcional, já que a fragmentação entre redes limita o potencial de adoção em larga escala. A criação de pontes interoperáveis resolve o problema da isolação de dados, permitindo que contratos inteligentes e tokens operem de forma integrada em diferentes sistemas.

No contexto da tokenização de ativos imobiliários, as bridges se tornam essenciais, pois possibilitam a migração de tokens representativos de propriedades reais entre diferentes plataformas, ampliando a liquidez e o alcance de investidores (OECD, 2022). Além disso, elas favorecem a integração com sistemas financeiros tradicionais, criando um ambiente híbrido entre economia digital e ativos físicos.

Entretanto, a segurança das bridges ainda é um desafio. Antonopoulos (2017) aponta que vulnerabilidades em protocolos de interoperabilidade têm sido responsáveis por

grandes incidentes no setor de criptomoedas. Por isso, a engenharia de sistemas Blockchain vem buscando soluções como a utilização de oráculos descentralizados e mecanismos de verificação cruzada, que asseguram que as informações transferidas entre redes sejam legítimas.

Rodrigues e Freitas (2023) destacam que a interoperabilidade pode, no futuro, facilitar a criação de ecossistemas digitais integrados para o setor de construção civil, em que dados de projeto, certificações, registros de materiais e transações financeiras coexistam em diferentes redes, mas se comuniquem por meio de bridges seguras.

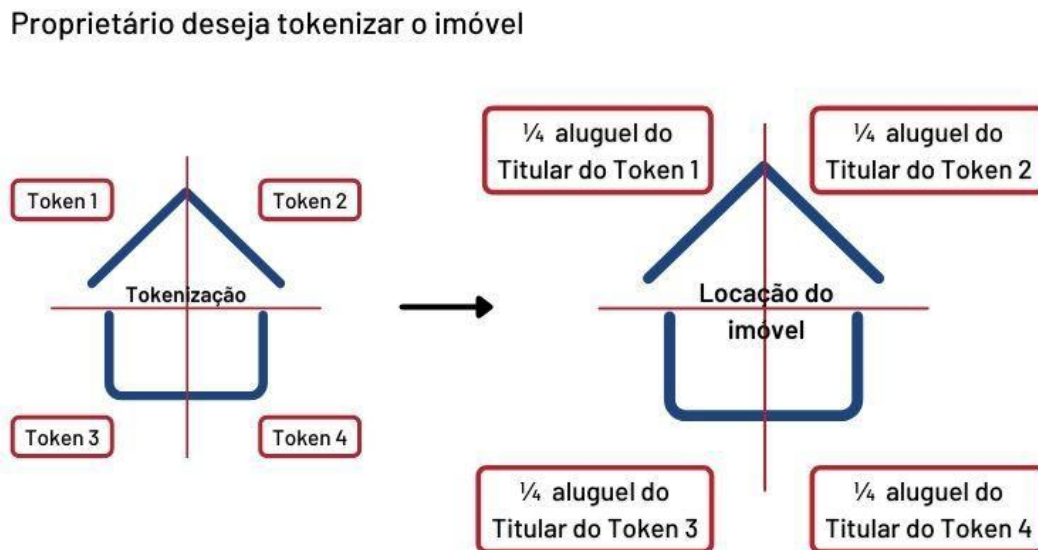
### **Tokenização de Ativos Imobiliários**

A tokenização de ativos consiste em converter o valor de um bem físico ou direito — como imóveis, obras de arte ou títulos financeiros — em tokens digitais registrados em Blockchain (OECD, 2022). No setor imobiliário, essa inovação permite fracionar a propriedade de empreendimentos em partes menores, representadas por tokens, que podem ser adquiridos e negociados por investidores de forma digital e segura. Existem diferentes modelos de tokenização aplicáveis ao setor imobiliário:

- a) Tokens de Equity: Representam participação acionária no empreendimento.
- b) Tokens de Dívida: Representam títulos de dívida lastreados no imóvel.
- c) Tokens de Propriedade Fracionada: Representam frações ideais da propriedade.
- d) Utility Tokens: Conferem direitos de uso ou acesso ao imóvel.

Segundo o World Economic Forum (2023), a tokenização tem potencial para democratizar o acesso a investimentos imobiliários, reduzindo barreiras de entrada e ampliando a liquidez de ativos tradicionalmente ilíquidos. Por meio de contratos inteligentes, é possível automatizar processos de pagamento de dividendos, distribuição de lucros e registro de transferências de propriedade, sem a necessidade de intermediários.

**Figura 3:** Processo de Tokenização de um imóvel.



**Fonte:** Lage e Portilho Jardim.

De acordo com Oliveira e Santos (2024), a aplicação desse modelo na construção civil pode revolucionar o financiamento de empreendimentos, oferecendo uma alternativa ao crédito tradicional, geralmente limitado por exigências bancárias e taxas elevadas. Nesse formato, investidores podem adquirir frações digitais de um empreendimento ainda em fase de execução, financiando sua construção e recebendo retorno proporcional à valorização futura do imóvel.

A CVM (2022) reconhece que a tokenização de ativos imobiliários requer regulação específica, já que esses tokens podem ser classificados como valores mobiliários dependendo de sua estrutura e finalidade. A clareza jurídica é fundamental para que construtoras, incorporadoras e investidores adotem o modelo com segurança.

Brickken (2023) destaca que a tokenização imobiliária vem sendo aplicada em diversos países, com plataformas que oferecem frações de empreendimentos residenciais e comerciais para investidores globais. Essa tendência reforça a importância da integração entre o setor imobiliário e as tecnologias Blockchain,

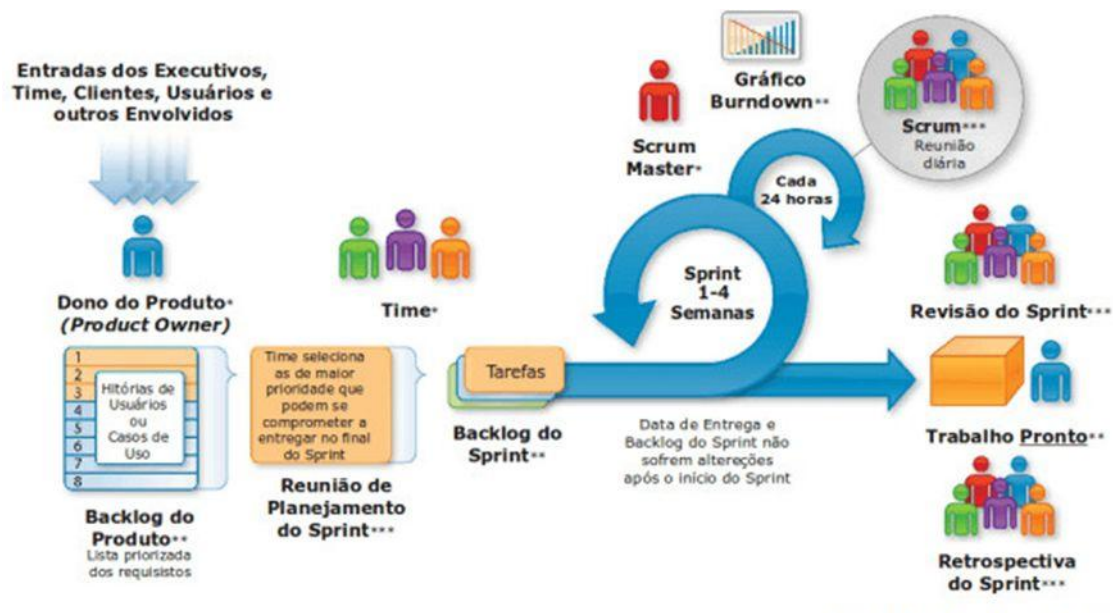
principalmente em mercados emergentes como o Brasil, onde há carência de instrumentos financeiros modernos para captação de recursos.

## SCRUM

Com o avanço das tecnologias digitais e a crescente complexidade dos projetos de engenharia, tornou-se necessário adotar metodologias de gestão mais flexíveis e adaptáveis. Nesse contexto, o SCRUM surge como uma metodologia ágil de gerenciamento de projetos que promove ciclos curtos de planejamento, execução e revisão contínua (KERZNER, 2017).

Segundo Kerzner (2017), o SCRUM é fundamentado na ideia de dividir grandes tarefas em pequenos sprints, cada um com metas específicas e entregas verificáveis. Essa abordagem favorece o acompanhamento próximo do progresso, a identificação precoce de problemas e a colaboração constante entre os membros da equipe.

**Figura 4:** Sistematização de um SCRUM.



**Fonte:** MBS Consulting.

Os pilares fundamentais do Scrum são:

a) **Transparência:** Todos os aspectos do processo devem ser visíveis aos envolvidos.

b) Inspeção: Artefatos e progresso devem ser inspecionados frequentemente.

c) Adaptação: Ajustes devem ser feitos continuamente com base nos feedbacks.

Aplicado à Engenharia Civil, o SCRUM tem se mostrado útil em fases como projetos executivos, acompanhamento de obras e coordenação de equipes multidisciplinares (SILVA; ALMEIDA, 2022). Com a crescente digitalização e integração de ferramentas de gestão, sua adoção se torna ainda mais relevante.

Em projetos que envolvem Blockchain e tokenização, o SCRUM pode facilitar a implementação por meio de times multidisciplinares, combinando engenheiros civis, desenvolvedores, analistas financeiros e juristas. Cada sprint pode abranger etapas específicas, como modelagem do empreendimento, criação dos tokens, registro em Blockchain e conformidade regulatória (RODRIGUES; FREITAS, 2023).

Além disso, a metodologia ágil está alinhada à filosofia das tecnologias descentralizadas, que valorizam colaboração, transparência e adaptação contínua. Assim, o SCRUM pode atuar como um elo entre a engenharia tradicional e os sistemas digitais inovadores, favorecendo a transição para modelos construtivos e financeiros mais eficientes.

## **O mercado imobiliário e os desafios de financiamento no Brasil**

O setor imobiliário brasileiro é historicamente um dos pilares da economia nacional, responsável por grande parte da geração de empregos e investimentos em infraestrutura (CBIC, 2023). No entanto, ele também enfrenta entraves estruturais significativos, sobretudo no que se refere ao acesso a crédito e à eficiência dos modelos de financiamento disponíveis.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2023), as pequenas e médias construtoras têm dificuldade em obter financiamento junto a instituições bancárias devido à alta burocracia, garantias exigidas e taxas de juros elevadas. Esse cenário limita o desenvolvimento de novos empreendimentos e reduz a competitividade do setor.

A Associação Brasileira da Indústria da Construção (ABRINC, 2024) complementa que, apesar de o crédito imobiliário ter crescido nos últimos anos, ainda há uma concentração de recursos nas grandes incorporadoras e uma forte dependência de financiamentos públicos.

As Letras de Crédito Imobiliário (LCI) e os Fundos de Investimento Imobiliário (FII) representam alternativas importantes, mas ainda restritas a investidores qualificados e com limitações de liquidez no mercado secundário. A burocracia envolvida nos registros de imóveis e a complexidade tributária adicionalmente encarecem e retardam as transações, essa limitação indica a necessidade de alternativas mais acessíveis e descentralizadas.

Nesse contexto, Oliveira e Santos (2024) argumentam que a tokenização de ativos imobiliários pode funcionar como uma nova forma de captação de recursos, permitindo que investidores individuais participem do financiamento de empreendimentos ainda na fase de projeto ou construção. Esse modelo cria um mercado secundário de tokens, no qual as frações de propriedade podem ser compradas, vendidas ou trocadas livremente.

Além disso, a adoção de tecnologias como a Blockchain contribui para aumentar a confiança e a transparência nos processos de captação e gestão financeira. Cada transação fica registrada de forma imutável, o que reduz o risco de fraudes e facilita auditorias (CVM, 2022).

### **Casos reais de Tokenização imobiliária no mundo**

A aplicação da tokenização no setor imobiliário vem se consolidando em diversos países, impulsionada por avanços tecnológicos e regulatórios. Segundo o World Economic Forum (2023), Estados Unidos, Suíça, Alemanha e Singapura estão entre os pioneiros na adoção de plataformas de tokenização de ativos reais, incluindo imóveis comerciais e residenciais.

Nos Estados Unidos, a empresa RealT, fundada em 2019, se destacou ao permitir a compra de frações de imóveis localizados em Detroit e Miami por meio de tokens

emitidos na rede Ethereum. Cada token representa uma parte proporcional da propriedade e concede ao investidor o direito de receber dividendos de aluguel em stablecoins (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

Na Suíça, a plataforma BrickMark realizou uma das maiores tokenizações de empreendimentos comerciais da Europa, convertendo cerca de 134 milhões de francos suíços em tokens digitais lastreados em imóveis localizados em Zurique. Esse projeto foi considerado um marco no setor por integrar regulação, auditoria e gestão de contratos inteligentes (OECD, 2022).

No Oriente Médio, os Emirados Árabes Unidos vêm se destacando com iniciativas em Dubai, onde o governo local lançou políticas para digitalizar registros imobiliários utilizando Blockchain, facilitando a transferência de propriedades e a rastreabilidade de documentos (BRICKKEN, 2023).

Esses exemplos demonstram que a tokenização não é apenas uma tendência teórica, mas uma realidade em expansão global. Oliveira e Santos (2024) enfatizam que o Brasil possui um potencial significativo para seguir o mesmo caminho, considerando o tamanho do seu mercado imobiliário e o avanço das regulamentações sobre criptoativos promovidas pela CVM (2022).

## **O papel da Engenharia Civil na integração com Blockchain**

A convergência entre a Engenharia Civil e a tecnologia Blockchain representa uma transformação estrutural na maneira como os projetos são concebidos, financiados e geridos. Mais do que uma aplicação tecnológica, trata-se de uma nova visão de governança e colaboração.

Segundo Rodrigues e Freitas (2023), a Engenharia Civil pode utilizar a Blockchain para registrar cada etapa de um empreendimento, desde a compra de materiais até o controle de qualidade e entrega final. Isso cria um histórico imutável do ciclo de vida da obra, fortalecendo a rastreabilidade e a confiabilidade das informações.

Machado (2023) destaca que a integração com contratos inteligentes (smart contracts) possibilita a automação de processos contratuais, como pagamentos automáticos a

fornecedores mediante a conclusão de etapas da obra. Essa prática elimina intermediários e reduz o risco de inadimplência, tornando a execução mais ágil e segura.

Além disso, a Engenharia Civil desempenha papel essencial na modelagem dos ativos que serão tokenizados. O engenheiro civil passa a atuar também como validador técnico, garantindo que os dados inseridos na Blockchain — como plantas, medições e laudos — correspondam à realidade física da construção (OLIVEIRA; SANTOS, 2024).

Do ponto de vista da gestão, a aplicação de metodologias ágeis como o SCRUM permite a integração eficaz entre as equipes de engenharia e tecnologia, favorecendo o desenvolvimento de projetos híbridos (KERZNER, 2017). Assim, a Engenharia Civil assume um papel de liderança na transformação digital do setor, conectando a inovação tecnológica à prática construtiva.

Por fim, Tapscott e Tapscott (2016) observam que a adoção da Blockchain na engenharia representa não apenas uma mudança operacional, mas uma reconfiguração de confiança entre todos os agentes — engenheiros, incorporadores, investidores e usuários finais. Essa confiança descentralizada é o alicerce de um novo modelo de negócios mais transparente e inclusivo.

## **METODOLOGIA**

A metodologia constitui o conjunto de procedimentos sistemáticos que orientam a realização da pesquisa, definindo o tipo de abordagem adotada, as ferramentas aplicadas e os critérios de análise dos resultados. Neste estudo, o objetivo é compreender a viabilidade técnica e econômica da tokenização de empreendimentos imobiliários como alternativa de captação de recursos para o setor da construção civil, com base em tecnologias Blockchain.

## **Abordagem Metodológica**

O presente estudo adota uma abordagem exploratória, aplicada e qualitativa, orientada pela necessidade de compreender e propor soluções inovadoras para os desafios de captação de recursos na Engenharia Civil a partir da integração com a tecnologia Blockchain.

A natureza exploratória se justifica pelo caráter emergente do tema, visto que a tokenização de empreendimentos imobiliários ainda se encontra em estágio inicial de aplicação no Brasil. Essa característica demanda uma investigação ampla e aberta, voltada à identificação de possibilidades, barreiras e potenciais impactos dessa tecnologia no setor da construção civil.

O aspecto aplicado da pesquisa decorre da intenção de transformar o conhecimento teórico em instrumento prático de inovação, por meio da proposição de um modelo conceitual de tokenização voltado à realidade do mercado imobiliário brasileiro. Assim, busca-se demonstrar a aplicabilidade técnica da Blockchain como mecanismo de financiamento descentralizado e de gestão transparente de empreendimentos.

Por sua vez, a abordagem qualitativa foi adotada devido à complexidade interdisciplinar do fenômeno estudado, que envolve aspectos tecnológicos, econômicos, jurídicos e operacionais. Dessa forma, o estudo se apoia em uma análise interpretativa, buscando compreender relações, contextos e significados associados à adoção da Blockchain na Engenharia Civil, em vez de restringir-se a dados numéricos ou experimentais.

Essa combinação metodológica permite investigar profundamente o potencial transformador da tokenização imobiliária, destacando como o engenheiro civil pode se posicionar como agente estratégico na implementação de soluções baseadas em Blockchain. O enfoque é, portanto, prático e prospectivo, visando contribuir para o avanço da inovação tecnológica e financeira no setor da construção civil.

## **Procedimentos metodológicos**

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo seguem as orientações de Lakatos e Marconi (2018), que definem a metodologia científica como o caminho sistemático para a construção do conhecimento. A pesquisa foi estruturada em quatro etapas principais, conforme descrito a seguir:

a) Revisão bibliográfica: levantamento de artigos, relatórios técnicos e publicações institucionais sobre Blockchain, tokenização, financiamento imobiliário e inovação na construção civil, incluindo fontes como CVM (2022), OECD (2022) e World Economic Forum (2023).

b) Análise comparativa internacional: identificação e análise de casos reais de tokenização imobiliária em países como Estados Unidos, Suíça e Emirados Árabes Unidos (BRICKKEN, 2023), com o objetivo de compreender os fatores de sucesso e os desafios enfrentados.

c) Modelagem conceitual: desenvolvimento de um modelo teórico de tokenização adaptado à realidade brasileira, considerando aspectos técnicos, regulatórios e financeiros.

d) Análise de viabilidade: avaliação qualitativa dos benefícios e riscos do modelo proposto, considerando indicadores técnicos, econômicos e de adoção tecnológica no setor.

Durante todas as etapas, a pesquisa manteve caráter descritivo e interpretativo, buscando compreender o fenômeno a partir de múltiplas fontes e perspectivas.

## **Ferramentas e tecnologias utilizadas**

A base tecnológica deste estudo é composta por plataformas Blockchain públicas e híbridas, selecionadas por sua relevância, capacidade de suporte à tokenização de ativos e características técnicas complementares. A análise contempla tanto ecossistemas focados em computação generalizada (contratos inteligentes) quanto em liquidação de ativos de alta eficiência.

## **Ethereum e Polygon**

São responsáveis por representarem a espinha dorsal para a criação de tokens e aplicações descentralizadas (dApps). A Ethereum, criada em 2015, destaca-se pela robustez de sua linguagem de programação, Solidity, e pela vasta comunidade de desenvolvedores, sendo o ambiente mais testado e seguro para a implantação de contratos inteligentes complexos (NARAYANAN et al., 2016). Já a Polygon, atuando como uma solução de camada 2 (Layer 2) para a Ethereum, oferece maior escalabilidade e custos de transação significativamente reduzidos, tornando-a adequada para projetos que exigem um alto volume de microtransações ou interações, como a distribuição de dividendos para um grande número de investidores (OECD, 2022).

### **Aplicabilidade da Ripple/XRP Ledger no Setor de Construção Civil**

A entrada da tecnologia Ripple/XRP Ledger no setor de construção civil via tokenização é viável e pode ser estratégica em dois fronts principais:

a) Tokenização para Liquidação e Pagamento: O XRPL pode ser utilizado para tokenizar direitos sobre um empreendimento (ex.: tokens representando frações de um imóvel comercial) e, principalmente, para facilitar a liquidação desses ativos. A velocidade e o baixo custo são ideais para um mercado secundário ágil, onde investidores podem comprar e vender tokens rapidamente. Além disso, a capacidade nativa do ledger de realizar trocas automáticas (atomic swaps) permite a troca direta de diferentes tipos de tokens (ex.: um token de imóvel por um token de stablecoin) sem necessidade de intermediários, aumentando a eficiência do mercado.

b) Infraestrutura para Pagamentos e Financiamento: A expertise da Ripple em integrar instituições financeiras tradicionais pode ser aproveitada. A tokenização de créditos, pagamentos a fornecedores e a gestão de cadeias de suprimentos na construção civil podem se beneficiar de uma rede que permite liquidação instantânea e de baixo custo, especialmente em transações internacionais. A emissão de uma stablecoin ou de um token lastreado em fiadoria para um projeto específico no XRPL poderia agilizar significativamente o fluxo de caixa e a distribuição de recursos.

### **Smart Contracts e Armazenamento:**

Independentemente da plataforma escolhida, o modelo proposto considera o uso de smart contracts (ou, no caso do XRPL, suas funcionalidades nativas de multi-assinatura e escrow) para automatizar os processos de emissão, distribuição, governança e liquidação dos tokens, executando cláusulas pré-programadas de forma autônoma e reduzindo a dependência de intermediários (TAPSCOTT; TAPSCOTT, 2016).

Para o armazenamento de dados técnicos e documentais relacionados aos empreendimentos (plantas, laudos, contratos legais), podem ser utilizados sistemas de armazenamento descentralizado, como o IPFS (InterPlanetary File System), que garantem a imutabilidade e a rastreabilidade das informações, com o hash dos documentos sendo ancorado no blockchain escolhido (RODRIGUES; FREITAS, 2023).

### **Modelo conceitual de tokenização proposto**

O modelo conceitual proposto tem como objetivo representar o processo de tokenização de um empreendimento imobiliário utilizando a tecnologia Blockchain. A estrutura foi desenvolvida com base nos estudos de Oliveira e Santos (2024) e nas diretrizes do World Economic Forum (2023), adaptando as melhores práticas internacionais à realidade brasileira.

O modelo é composto por cinco etapas principais:

- a) Identificação do ativo imobiliário: o empreendimento (residencial, comercial ou de infraestrutura) é cadastrado com todas as suas informações técnicas, legais e financeiras.
- b) Emissão dos tokens: o ativo é digitalmente fracionado em unidades representadas por tokens registrados em uma rede Blockchain, preferencialmente na Polygon.
- c) Oferta pública digital: os tokens são disponibilizados a investidores interessados, mediante conformidade com as normas da CVM (2022).
- d) Gestão automatizada via smart contracts: contratos inteligentes são utilizados para automatizar pagamentos, repasses de lucros e registro de transferências.

- e) Auditoria e rastreabilidade: todos os eventos relacionados ao empreendimento (entregas, pagamentos, certificações) são registrados de forma imutável na Blockchain, garantindo transparência total.

O papel do engenheiro civil, neste modelo, é atuar como validador técnico e fiscal digital, garantindo que os dados inseridos correspondam à execução real da obra (MACHADO, 2023). Além disso, a tokenização permite o financiamento coletivo descentralizado, onde diversos investidores podem participar do projeto, reduzindo a dependência de grandes instituições financeiras.

### **Critérios de análise de viabilidade técnica e econômica**

A análise de viabilidade proposta neste estudo adota uma abordagem qualitativa e multidimensional, considerando aspectos técnicos, econômicos e regulatórios.

Do ponto de vista técnico, os critérios avaliados incluem:

- Segurança e escalabilidade da rede Blockchain utilizada;
- Integração com sistemas de gestão da construção (BIM, ERP, SCRUM);
- Confiabilidade dos smart contracts;
- Capacidade de rastreamento e auditoria de dados construtivos.

No âmbito econômico, são considerados:

- Custo de implementação tecnológica;
- Potencial de redução de custos operacionais e financeiros;
- Liquidez e atratividade para investidores;
- Retorno estimado sobre o investimento (ROI) em comparação ao modelo tradicional.

Além disso, a viabilidade jurídica e regulatória é analisada à luz do Parecer de Orientação nº 40 da CVM (2022), que estabelece diretrizes para a emissão e oferta de tokens no Brasil.

Segundo Oliveira e Santos (2024), a viabilidade da tokenização depende diretamente da confiança dos agentes envolvidos e da maturidade do ambiente tecnológico e regulatório. Assim, a análise proposta busca identificar não apenas a aplicabilidade técnica, mas também as condições necessárias para adoção sustentável no mercado brasileiro.

## **DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE CASO**

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a aplicação prática do modelo conceitual de tokenização de empreendimentos imobiliários, desenvolvido no capítulo anterior. Para isso, foi elaborada uma simulação de um empreendimento residencial, com a finalidade de demonstrar a viabilidade técnica e econômica do uso da tecnologia Blockchain como alternativa de financiamento na construção civil. A análise considera aspectos estruturais, financeiros e operacionais, permitindo uma comparação entre o modelo tradicional e o modelo baseado em tokenização.

### **Caracterização do empreendimento escolhido (simulado)**

Para fins deste estudo, optou-se pela simulação de um empreendimento residencial multifamiliar de médio porte, localizado em área urbana com potencial de valorização imobiliária.

O empreendimento considerado apresenta as seguintes características:

- **Tipologia:** Edifício residencial
- **Número de unidades:** 20 apartamentos
- **Área média por unidade:** 70 m<sup>2</sup>
- **Área construída total:** aproximadamente 2.000 m<sup>2</sup>
- **Valor estimado de investimento:** R\$ 5.000.000,00
- **Prazo de execução:** 24 meses

O modelo foi definido com base em padrões reais do mercado brasileiro, conforme relatórios da CBIC (2023) e ABRAIN (2024), garantindo coerência com a realidade da construção civil nacional.

A escolha de um empreendimento simulado permite maior flexibilidade na análise, possibilitando a adaptação dos parâmetros financeiros e tecnológicos para avaliação da tokenização sem as limitações de um projeto real em execução.

### **Estruturação do ativo tokenizado (definição de cotas/tokens)**

A estruturação do ativo tokenizado consiste na divisão digital do empreendimento em unidades fracionadas, representadas por tokens registrados em Blockchain.

Considerando o valor total do empreendimento (R\$ 5.000.000,00), foi proposta a seguinte estrutura:

- **Total de tokens emitidos:** 10.000 unidades.
- **Valor unitário de cada token:** R\$ 500,00.
- **Representação:** cada token corresponde a 0,01% do empreendimento.

Essa divisão permite a participação de investidores com diferentes níveis de capital, promovendo democratização do acesso ao investimento imobiliário, conforme discutido por Oliveira e Santos (2024).

Os tokens seriam emitidos seguindo padrões compatíveis com redes como Ethereum ou Polygon, utilizando contratos inteligentes para garantir:

- Registro de propriedade digital;
- Transferência segura entre investidores;
- Distribuição automatizada de rendimentos.

Além disso, os tokens poderiam representar:

- Participação na valorização do imóvel;
- Ou retorno financeiro proveniente da venda das unidades ao final do projeto.

### **Simulação do processo de emissão e distribuição dos tokens**

O processo de emissão e distribuição dos tokens segue uma lógica estruturada em etapas, alinhada às práticas do mercado de ativos digitais e às diretrizes da CVM (2022).

As etapas simuladas são:

1. Preparação do ativo: Registro das informações do empreendimento (projeto, orçamento, cronograma) em ambiente digital.
2. Criação dos tokens: Desenvolvimento de um smart contract responsável pela emissão dos 10.000 tokens na Blockchain.
3. Oferta inicial (Token Offering): Disponibilização dos tokens em uma plataforma digital para investidores, semelhante a um crowdfunding imobiliário.
4. Distribuição: Investidores adquirem tokens de acordo com sua capacidade financeira, transferindo recursos diretamente para o projeto.
5. Registro e rastreabilidade: Todas as transações ficam registradas de forma imutável, garantindo transparência e auditabilidade.

Esse processo elimina intermediários tradicionais, reduzindo custos operacionais e aumentando a eficiência da captação de recursos (TAPSCOTT; TAPSCOTT, 2016).

### **Fluxo financeiro e relação com o cronograma físico da obra**

Um dos principais diferenciais da tokenização é a possibilidade de integração entre o fluxo financeiro e o avanço físico da obra, por meio de contratos inteligentes.

No modelo proposto, os recursos captados seriam liberados conforme o progresso das etapas construtivas, conforme exemplo abaixo:

**Tabela 01:** Relação entre cronograma físico e liberação financeira via smart contracts.

<b>Etapas da obra</b>	<b>Percentual do investimento</b>	<b>Liberação via smart contract</b>
Fundação	15%	Automática após validação

Estrutura	30%	Automática
Alvenaria	20%	Automática
Acabamento	25%	Automática
Entrega final	10%	Automática

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em Rodrigues e Freitas (2023) e Tapscott e Tapscott (2016).

Essa lógica garante que os recursos sejam utilizados de forma controlada, reduzindo riscos de desvio ou má gestão. Além disso, o engenheiro civil desempenha papel fundamental como validador técnico, sendo responsável por confirmar a execução das etapas antes da liberação dos recursos (RODRIGUES; FREITAS, 2023).

### **Comparativo entre financiamento tradicional e modelo tokenizado**

Para avaliar a viabilidade da tokenização, foi realizado um comparativo entre o modelo tradicional de financiamento e o modelo proposto baseado em Blockchain.

#### **Modelo tradicional:**

- Dependência de bancos e grandes investidores;
- Alta burocracia e exigência de garantias;
- Taxas de juros elevadas;
- Baixa participação de pequenos investidores.

#### **Modelo tokenizado:**

- Captação descentralizada de recursos;
- Redução de intermediários;
- Maior transparência e rastreabilidade;
- Inclusão de pequenos investidores;
- Possível aumento da liquidez do ativo.

Segundo a OECD (2022), a tokenização pode reduzir significativamente os custos de transação e ampliar o acesso ao mercado de capitais.

Entretanto, o modelo tokenizado ainda enfrenta desafios, como:

- Necessidade de regulamentação mais clara;
- Adoção tecnológica limitada;
- Riscos relacionados à segurança digital.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Análise crítica dos conceitos estudados

A revisão teórica evidenciou que a tecnologia Blockchain possui um potencial disruptivo significativo para o setor da construção civil, especialmente pela sua capacidade de garantir transparência, rastreabilidade e automação de processos (TAPSCOTT; TAPSCOTT, 2016). No entanto, a análise crítica dos conceitos abordados revela que a simples introdução dessa tecnologia não é suficiente para transformar o mercado imobiliário de forma ampla e sustentável.

Um dos principais pontos observados é que a tokenização de ativos imobiliários requer uma base técnica sólida e um ambiente regulatório maduro, capazes de assegurar segurança jurídica e padronização dos processos digitais (CVM, 2022). Embora a teoria da descentralização prometa eliminar intermediários, na prática, a integração entre Blockchain, engenharia e mercado financeiro ainda depende de mecanismos de governança híbridos — que conciliem a inovação tecnológica com a conformidade legal.

Do ponto de vista da Engenharia Civil, o estudo demonstrou que a Blockchain pode atuar como ferramenta de certificação digital de obras, registrando etapas construtivas, inspeções e medições em tempo real (RODRIGUES; FREITAS, 2023). Contudo, a análise crítica aponta que a adoção dessa tecnologia ainda enfrenta barreiras de padronização técnica e de capacitação profissional, já que a maioria dos engenheiros não possui formação em tecnologias descentralizadas ou em programação de smart contracts.

Além disso, a literatura mostra que o entusiasmo em torno da tokenização tende, por vezes, a superestimar os ganhos de liquidez e acessibilidade dos investimentos imobiliários (OECD, 2022). Na prática, a criação de tokens imobiliários depende de infraestrutura digital segura, de mecanismos robustos de auditoria e de educação financeira voltada ao investidor comum.

### **Perspectivas da tokenização no mercado imobiliário brasileiro**

As perspectivas para a tokenização no Brasil são promissoras, impulsionadas tanto pela digitalização do setor imobiliário quanto pela regulamentação gradual dos criptoativos. A publicação do Parecer de Orientação nº 40 da CVM (2022) foi um marco, ao reconhecer a existência de valores mobiliários tokenizados e propor diretrizes para sua emissão e negociação.

Com base nos resultados da análise teórica e nos casos internacionais revisados (BRICKKEN, 2023; WORLD ECONOMIC FORUM, 2023), observa-se que o mercado brasileiro apresenta condições favoráveis à adoção desse modelo, principalmente pela demanda reprimida por novas formas de financiamento e pela elevada concentração bancária.

A tokenização de empreendimentos imobiliários pode oferecer uma alternativa mais democrática de captação de recursos, permitindo a participação de pequenos investidores em projetos que, tradicionalmente, exigiam grande volume de capital. Além disso, há um ganho expressivo em transparência e rastreabilidade, já que todas as transações ficam registradas de forma imutável na Blockchain (OLIVEIRA; SANTOS, 2024).

No entanto, é necessário considerar que o mercado brasileiro ainda enfrenta obstáculos estruturais. Entre eles, destacam-se:

- A baixa familiaridade dos agentes financeiros e técnicos com tecnologias descentralizadas;
- A ausência de infraestrutura padronizada para emissão e custódia de tokens;

- E a necessidade de alinhamento regulatório entre CVM, Banco Central e órgãos notariais.

Mesmo diante dessas limitações, as perspectivas são de crescimento progressivo e de integração gradual entre os ecossistemas de engenharia, finanças e tecnologia. Segundo Machado (2023), a tendência é que, nos próximos anos, surjam plataformas híbridas que combinem Blockchain com modelos BIM (Building Information Modeling), promovendo um ambiente digital colaborativo para o ciclo de vida das construções.

### **Análise dos resultados da simulação**

A simulação do processo de tokenização evidenciou que o modelo proposto é tecnicamente estruturado e operacionalmente viável, considerando a utilização de plataformas Blockchain como Ethereum e Polygon para emissão e gestão dos tokens.

Os resultados demonstraram que a divisão do empreendimento em 10.000 tokens de R\$ 500,00 possibilita a captação integral do capital necessário (R\$ 5.000.000,00), validando a capacidade do modelo de substituir, ao menos parcialmente, os mecanismos tradicionais de financiamento.

A análise do fluxo financeiro integrado ao cronograma físico indicou que a utilização de smart contracts permite uma gestão mais eficiente dos recursos, garantindo que os desembolsos ocorram apenas após a validação das etapas da obra. Esse mecanismo reduz significativamente os riscos de desvio de recursos e melhora o controle financeiro do empreendimento.

Além disso, a simulação de retorno sobre investimento (ROI) apontou um potencial atrativo para investidores, especialmente devido à possibilidade de participação fracionada e à expectativa de valorização do ativo imobiliário ao longo do tempo.

### **Benefícios observados (transparência, liquidez, inclusão de investidores)**

A análise dos resultados permitiu identificar benefícios relevantes associados à adoção da tokenização no setor imobiliário.

O primeiro deles é a transparência, proporcionada pelo registro imutável das transações na Blockchain. Todas as movimentações financeiras e etapas da obra podem ser auditadas em tempo real, aumentando a confiança entre investidores, incorporadores e gestores do projeto.

Outro benefício significativo é o aumento da liquidez dos ativos imobiliários. Diferentemente do modelo tradicional, em que o investimento está atrelado à conclusão do empreendimento, os tokens podem ser negociados em mercados secundários, permitindo maior flexibilidade aos investidores.

Destaca-se também a inclusão de pequenos investidores, viabilizada pela fragmentação do ativo em unidades de menor valor. Esse aspecto democratiza o acesso ao mercado imobiliário, ampliando a base de financiamento e reduzindo a dependência de grandes instituições financeiras.

Adicionalmente, a automação via smart contracts contribui para a redução de custos operacionais e para a eliminação de intermediários, tornando o processo mais ágil e eficiente.

### **Limitações e lacunas identificadas**

Durante o desenvolvimento da pesquisa, foram identificadas limitações teóricas e lacunas conceituais relevantes, principalmente em relação à literatura nacional. Observa-se que grande parte dos estudos sobre Blockchain no Brasil ainda está concentrada nas áreas de finanças, direito e tecnologia da informação, com pouca produção científica direcionada à Engenharia Civil (RODRIGUES; FREITAS, 2023).

Essa escassez dificulta a construção de modelos aplicáveis ao contexto da construção civil, pois faltam referências empíricas e estudos de caso nacionais que analisem os impactos reais da tokenização na gestão de obras e empreendimentos. Além disso, há divergências conceituais sobre como classificar juridicamente os tokens imobiliários, especialmente em relação à sua equivalência com cotas de fundos de investimento ou títulos de propriedade fracionada (CVM, 2022).

Outra limitação teórica identificada diz respeito à ausência de modelos padronizados de interoperabilidade Blockchain no contexto da construção civil. A literatura internacional discute o papel das bridges e da comunicação entre diferentes redes (OECD, 2022), mas há poucos estudos que abordem como essa interoperabilidade poderia ser aplicada à certificação e à rastreabilidade de obras no Brasil.

Além disso, nota-se uma lacuna no que diz respeito à formação técnica dos profissionais da engenharia. O domínio da Blockchain requer novas competências, como gestão de dados descentralizados, modelagem digital e noções de programação de contratos inteligentes, áreas que ainda não são amplamente exploradas nos currículos acadêmicos da Engenharia Civil. Por fim, a resistência à adoção de novas tecnologias por parte de agentes tradicionais do mercado imobiliário pode dificultar a implementação prática do modelo. Questões culturais, institucionais e de confiança ainda representam obstáculos relevantes.

### **Potenciais impactos para o setor da construção civil**

A adoção da tokenização tem potencial para gerar impactos significativos no setor da construção civil, promovendo uma transformação estrutural nos modelos de financiamento e gestão de empreendimentos.

Um dos principais impactos é a redução da dependência de crédito bancário, permitindo que construtoras e incorporadoras acessem recursos diretamente no mercado, por meio de investidores distribuídos. Isso pode aumentar a competitividade do setor e viabilizar novos projetos.

Além disso, a integração entre Blockchain e Engenharia Civil pode impulsionar a digitalização dos processos construtivos, favorecendo a adoção de tecnologias como BIM e sistemas de gestão integrados. Essa convergência tende a melhorar a eficiência operacional e a qualidade das obras.

Outro impacto relevante é o fortalecimento da governança e da transparência, reduzindo riscos de fraudes e aumentando a confiabilidade dos empreendimentos perante investidores e órgãos reguladores.

No longo prazo, a tokenização pode contribuir para a criação de um novo ecossistema imobiliário digital, no qual ativos físicos e digitais coexistem de forma integrada, ampliando as possibilidades de investimento e inovação no setor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade da tokenização de empreendimentos imobiliários como alternativa de captação de recursos na construção civil, a partir da integração entre a Engenharia Civil e a tecnologia Blockchain. Com base na fundamentação teórica desenvolvida, na metodologia aplicada e no estudo de caso simulado, foi possível compreender os principais aspectos técnicos, financeiros e operacionais relacionados à utilização da tokenização no setor imobiliário, permitindo concluir que o objetivo geral da pesquisa foi alcançado de forma satisfatória.

Ao longo do estudo, verificou-se que a tecnologia Blockchain possui potencial significativo para promover transformações estruturais no mercado da construção civil, especialmente no que se refere à descentralização do financiamento imobiliário, à rastreabilidade de informações e à automatização de processos por meio de smart contracts. A simulação realizada demonstrou que a fragmentação digital de um empreendimento em tokens possibilita a captação de recursos de maneira mais acessível e transparente, permitindo a participação de diferentes perfis de investidores em projetos imobiliários.

Os resultados obtidos evidenciaram que a tokenização pode representar uma alternativa eficiente em comparação aos modelos tradicionais de financiamento. Enquanto o financiamento convencional apresenta elevada dependência de instituições financeiras, burocracia e restrições de acesso ao crédito, o modelo tokenizado oferece maior flexibilidade, inclusão de pequenos investidores e redução de intermediários. Além disso, a integração entre o fluxo financeiro e o cronograma físico da obra, realizada por meio de contratos inteligentes, mostrou-se uma solução

capaz de ampliar o controle sobre os recursos investidos e aumentar a confiabilidade do processo construtivo.

Outro aspecto relevante identificado durante a pesquisa foi o potencial da Blockchain para fortalecer a transparência e a governança na construção civil. Como as transações ficam registradas de forma imutável e auditável, há maior segurança na gestão das informações financeiras e operacionais do empreendimento. Nesse contexto, o engenheiro civil assume papel estratégico não apenas na execução técnica da obra, mas também na validação das etapas construtivas vinculadas à liberação automatizada dos recursos financeiros.

Do ponto de vista acadêmico, o trabalho contribui para ampliar as discussões sobre a integração entre Engenharia Civil e tecnologias emergentes, abordando um tema ainda pouco explorado na literatura nacional. A pesquisa propôs um modelo conceitual aplicável à tokenização imobiliária, servindo como base para futuros estudos relacionados à inovação, transformação digital e novos mecanismos de financiamento no setor da construção civil. Além disso, o estudo evidencia novas possibilidades de atuação profissional para engenheiros civis, inserindo-os em um contexto cada vez mais interdisciplinar e tecnológico.

Entretanto, algumas limitações precisam ser consideradas. A principal delas refere-se ao fato de o estudo ter sido desenvolvido a partir de uma simulação conceitual, sem aplicação prática em um empreendimento real. Dessa forma, os resultados obtidos dependem de cenários hipotéticos e de condições controladas de análise. Também devem ser consideradas as limitações relacionadas à regulamentação brasileira, ainda em evolução no que se refere à emissão e negociação de ativos digitais tokenizados. Questões jurídicas, tributárias e regulatórias permanecem como desafios importantes para a consolidação desse modelo no mercado nacional.

Além disso, a adoção da tokenização enfrenta obstáculos relacionados à maturidade tecnológica e à resistência do mercado diante de novas soluções digitais. A necessidade de infraestrutura adequada, conhecimento técnico especializado e confiança dos investidores representa fatores determinantes para a expansão da

tecnologia no setor da construção civil. Ainda assim, observa-se uma tendência crescente de digitalização do mercado imobiliário, impulsionada pela evolução das plataformas Blockchain e pelo fortalecimento do ecossistema de finanças descentralizadas.

As aplicações práticas do modelo desenvolvido demonstram que construtoras e incorporadoras podem utilizar a tokenização como ferramenta alternativa de financiamento, reduzindo a dependência bancária e ampliando o acesso ao capital. Da mesma forma, investidores podem se beneficiar da democratização do acesso ao mercado imobiliário, participando de empreendimentos por meio da aquisição de frações digitais de ativos. A integração entre engenharia, gestão financeira e tecnologia também contribui para maior eficiência operacional e controle na execução das obras.

Diante disso, recomenda-se que trabalhos futuros aprofundem a aplicação prática da tokenização em casos reais, incluindo análises de desempenho financeiro, operacional e jurídico. Sugere-se também o desenvolvimento de estudos voltados à regulamentação brasileira, à integração com plataformas Blockchain reais e à expansão do modelo para outros tipos de ativos, como projetos de infraestrutura, loteamentos e obras públicas. Pesquisas relacionadas à aceitação do mercado e ao comportamento dos investidores também podem contribuir para o amadurecimento do tema.

Por fim, conclui-se que a integração entre Engenharia Civil e Blockchain representa mais do que uma inovação tecnológica: trata-se de uma transformação estrutural na forma de financiar, gerenciar e compreender os empreendimentos imobiliários. A tokenização surge como um modelo capaz de promover maior transparência, acessibilidade e eficiência no setor da construção civil, embora sua consolidação dependa da evolução conjunta da tecnologia, da regulamentação e da confiança do mercado. Nesse cenário, o engenheiro civil passa a ocupar posição estratégica em um novo ecossistema digital, no qual ativos físicos e digitais se conectam para construir modelos mais modernos, inteligentes e sustentáveis para o futuro da construção civil.

## REFERÊNCIAS

ABRAINCA – Associação Brasileira da Indústria da Construção. *Panorama da Construção Civil no Brasil – Relatório 2024*. São Paulo: ABRAINCA, 2024.

ANTONPOULOS, Andreas M. *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies*. 2. Ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2017.

BORGES, Marcus Vinícius Motter. *Manual dos Contratos Imobiliários*. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2023.

BRICKKEN. *Tokenization of Real Estate: The Future of Property Investment*. Barcelona: Brickken Reports, 2023. Disponível em: <https://brickken.com/>. Acesso em: 07 fev. 2026.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. *Estudo sobre Crédito Imobiliário e Financiamento de Obras no Brasil*. Brasília: CBIC, 2023.

CVM – Comissão de Valores Mobiliários. *Parecer de Orientação nº 40: Criptoativos e Ofertas Públicas de Tokens no Brasil*. Brasília: CVM, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cvm/>. Acesso em: 07 fev. 2026.

DISTRITO. *Blockchain: o que é, como funciona e quais as aplicações*. 2022. Disponível em: <https://distrito.me/blog/blockchain-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em: 22 fev. 2026.

FERRAZ, Daniel Amin; GUIMARÃES, Antonio Marcos Fonte. *Multipropriedade: um modelo juridicamente eficiente e seguro para a tokenização de ativos representativos de frações de bens imóveis no Brasil*. REI-Revista Estudos Institucionais, v. 9, n. 2, p. 343-368, 2023.

GOMES, João Vitor Bolsoni. *Desenvolvimento de uma plataforma de tokenização de ativos imobiliários com blockchain*. 2025. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Centro Tecnológico, Universidade

Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/266855>. Acesso em: 15 nov. 2025.

GOMES, Daniel de Paiva; GOMES, Eduardo de Paiva; NEISTEIN, Rubens. *Contributos práticos sobre a tokenização no setor imobiliário: os caminhos e as expectativas envolvendo a estruturação de novos negócios*. In: GOMES, Daniel de Paiva et al. *CRIPTOATIVOS, TOKENIZAÇÃO, BLOCKCHAIN E METAVERSO: aspectos filosóficos, tecnológicos, jurídicos e econômicos*. São Paulo: Revista dos Tribunais, P. 587-607, 2022.

JUSBRASIL. *Contratos inteligentes: descubra o que são e como funcionam*. 2023. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/contratos-inteligentes-descubra-o-que-sao-e-como-funcionam/569694569>. Acesso em: 22 fev. 2025.

KERZNER, Harold. *Gestão de Projetos: As Melhores Práticas*. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

LOPES, Nathalia Lima Feitosa; RODRIGUES, Renato José Mirisola. *Tokenização imobiliária a necessária discussão sobre o custodiante*. Revista LIFT papers, v. 6, n. 6, 2023.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

LAGE PORTILHO JARDIM ADVOGADOS. *Tokenização imobiliária: o que é e como funciona*. 2023. Disponível em: <https://lageportilhojardim.com.br/blog/tokenizacao-imobiliaria/>. Acesso em: 22 fev. 2026.

MACHADO, Felipe A. *Blockchain e Smart Contracts: Impactos no Setor Imobiliário*. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas (FGV Blockchain Hub), 2023.

MBS CONSULTING. *Gerenciamento de projetos: o que é Scrum e como aplicar*. 2022. Disponível em: <https://mbsconsulting.com.br/gerenciamento-de-projetos-scrum/>. Acesso em: 01 mar. 2026.

NAKAMOTO, Satoshi. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 2008. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 12 out. 2025.

NARAYANAN, Arvind et al. *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton: Princeton University Press, 2016.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. *Tokenisation of Assets and Potential Implications for Financial Markets*. Paris: OECD Publishing, 2022.

OLIVEIRA, Thiago M.; SANTOS, Rafael P. *Tokenização de Ativos Imobiliários: Uma Nova Fronteira para o Financiamento da Construção Civil*. Revista Brasileira de Inovação na Engenharia, v. 6, n. 1, p. 101–118, 2024.

PEREIRA, Gabriela de Fátima Furtado. *O princípio da publicidade registral frente a “tokenização” dos negócios imobiliários*. 2024. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Jurídicas e Sociais) – Faculdade de Direito, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/279001/001209993.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 nov. 2025.

PAIVA, João Pedro Lamana. *Procedimento de Dúvida Registral: Evolução dos Sistemas Registral e Notarial no Século XXI*. 5. Ed. São Paulo: Editora Foco, 2023.

RODRIGUES, Ana P.; FREITAS, Daniel H. *Aplicações da Blockchain na Indústria da Construção Civil: Desafios e Perspectivas*. Revista de Engenharia, Tecnologia e Inovação, v. 8, n. 2, p. 77–93, 2023.

SILVA, José Carlos da; ALMEIDA, Rodrigo S. *Inovação e Transformação Digital na Engenharia Civil Brasileira*. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 12, n. 4, p. 45–58, 2022.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO RIO GRANDE DO SUL. Provimento nº 038/2021 - CGJ. *Regulamenta a lavratura de escrituras públicas de permuta de bens imóveis com contrapartida de tokens/criptoativos*. Porto Alegre, 02 out. 2021.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies Is Changing the World*. Toronto: Penguin Random House, 2016.

WORLD ECONOMIC FORUM. *Tokenization of Real Assets: Market Overview and Design Principles*. Geneva: WEF, 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/>. Acesso em: 24 jan. 2026.