

BLOCKCHAIN E SMART CONTRACTS: o futuro dos negócios inteligentes
BLOCKCHAIN AND SMART CONTRACTS: the future of intelligent business

Allison Caique Luciano De Freitas¹; Alberane Lúcio.²

¹Grupo Unis, Varginha, Minas Gerais, allison.freitas@alunos.unis.edu.br; ORCID

²Grupo Unis, Varginha, Minas Gerais, alberane@unis.edu.br; ORCID

RESUMO

Este trabalho aborda o potencial da tecnologia blockchain e dos contratos inteligentes (smart contracts) para transformar o mercado imobiliário brasileiro, historicamente marcado pela burocracia e altos custos. O objetivo geral é analisar a viabilidade da automatização de contratos de aluguel por meio de smart contracts, visando aumentar a eficiência, segurança e transparência do processo. Para isso, adotou-se uma metodologia de pesquisa qualitativa e exploratória, que incluiu uma revisão bibliográfica aprofundada, uma análise do arcabouço jurídico nacional (como a LGPD e o Código Civil) e, como componente central, o desenvolvimento de um estudo de caso prático: a plataforma *MyBlock*. Esta plataforma utiliza uma arquitetura híbrida (on-chain/off-chain) com um contrato em Solidity na blockchain Ethereum, backend em Node.js e frontend em Vue.js. Os resultados demonstram a viabilidade técnica da solução, validando a automação de pagamentos e a auditabilidade do processo. Conclui-se que, apesar do potencial comprovado, a adoção em massa enfrenta desafios significativos, como a volatilidade das criptomoedas, os custos de transação (taxas de gás) e as barreiras de usabilidade, indicando a necessidade de soluções de escalabilidade (Layer 2) e de um amadurecimento regulatório para sua plena implementação.

Palavras-chave: Blockchain; Contratos Inteligentes; Mercado Imobiliário.

1 INTRODUÇÃO

Nos anos mais recentes, a tecnologia blockchain emergiu como uma força transformadora no campo da segurança digital e da descentralização de processos. Originalmente concebida para suportar criptomoedas como o Bitcoin, sua aplicabilidade rapidamente transcende o setor financeiro, abrindo caminho para inovações em diversas áreas, com destaque para os contratos inteligentes (smart contracts). Estes são programas autoexecutáveis que operam em uma blockchain, permitindo que os termos de um acordo sejam cumpridos automaticamente, sem a necessidade de intermediários.

O mercado imobiliário no Brasil, tradicionalmente, enfrenta desafios significativos relacionados à burocracia, lentidão nos processos contratuais, altos custos operacionais e insegurança jurídica. O processo de locação de um imóvel, por exemplo, envolve uma cadeia de intermediários—cartórios, advogados, imobiliárias—que podem tornar a experiência lenta e financeiramente onerosa. Adicionalmente, problemas como falhas na comunicação, inadimplência e disputas sobre o cumprimento de cláusulas são ocorrências comuns.

Neste contexto, a tecnologia blockchain, por meio dos smart contracts, apresenta uma solução promissora. Ao automatizar a execução de cláusulas contratuais registradas de forma imutável, a tecnologia tem o potencial de eliminar a necessidade de muitos intermediários, reduzindo drasticamente os riscos de fraude, erro humano e disputas. A automatização pode simplificar a gestão de pagamentos, mitigar os riscos de inadimplência e assegurar que todas as condições acordadas sejam cumpridas de maneira transparente e imutável.

Este trabalho se propõe a explorar o uso de contratos inteligentes no setor imobiliário, com foco na automatização de contratos de aluguel. Para validar a hipótese de que essa tecnologia pode otimizar o processo de locação, foi desenvolvida a plataforma

MyBlock, um sistema completo para gestão de aluguéis baseado em blockchain. A plataforma serve como um estudo de caso prático, permitindo uma análise aprofundada da arquitetura, implementação e dos desafios técnicos e práticos da aplicação da tecnologia.

Portanto, este estudo não apenas investiga teoricamente os benefícios da blockchain, mas também demonstra sua aplicação real, oferecendo uma contribuição tangível para a modernização do setor imobiliário no Brasil e fornecendo insights valiosos para pesquisadores, profissionais da área e potenciais investidores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Tecnologia Blockchain

A tecnologia blockchain foi introduzida em 2008 por uma entidade sob o pseudônimo de Satoshi Nakamoto. Em sua essência, a blockchain é um registro digital distribuído, imutável e transparente, composto por blocos de dados que são encadeados e validados por uma rede de participantes.

2.1.1 Fundamentos: Descentralização, Imutabilidade e Transparência

- a) Descentralização: Diferente dos sistemas centralizados tradicionais, onde uma única entidade controla os dados, na blockchain a informação é distribuída entre múltiplos nós (computadores) da rede. Isso elimina o ponto único de falha e o controle centralizado;
- b) Imutabilidade: Uma vez que uma transação é registrada em um bloco e este é adicionado à cadeia, ela não pode ser alterada ou removida. Cada bloco contém um hash criptográfico¹ do bloco anterior, criando uma corrente segura e interligada;
- c) Transparência: Embora a identidade dos participantes possa ser pseudônima, as transações registradas na blockchain são visíveis para todos os membros da rede, garantindo um alto nível de transparência e auditabilidade.

2.1.2 Tipos de Blockchain

- a) Públicas: Como a do Bitcoin e da Ethereum, são abertas e qualquer pessoa pode participar da rede, validar transações e visualizar o registro;
- b) Privadas: São controladas por uma única organização, que determina quem pode participar. Oferecem maior velocidade e privacidade, mas sacrificam a descentralização;
- c) De Consórcio (Federadas): São governadas por um grupo de organizações, em vez de uma única. São um meio termo entre as públicas e as privadas, adequadas para colaboração entre empresas.

2.1.3 Mecanismos de Consenso

¹ Função matemática que transforma dados de entrada em uma sequência alfanumérica de tamanho fixo (hash). No contexto da blockchain, garante a integridade dos dados e cria a ligação segura entre blocos consecutivos na cadeia.

- a) São os protocolos que garantem que todos os nós da rede concordem sobre o estado do registro. Os mais comuns são:
- b) Prova de Trabalho (Proof-of-Work - PoW): Utilizado pelo Bitcoin, exige que os participantes resolvam problemas matemáticos complexos para adicionar novos blocos, um processo que consome grande quantidade de energia.
- c) Prova de Participação (Proof-of-Stake - PoS): Utilizado por redes mais modernas como a Ethereum 2.0, permite que os detentores de moedas da rede validem transações e criem novos blocos, sendo mais eficiente energeticamente.

2.2 CONTRATOS INTELIGENTES (Smart Contracts)

O conceito de smart contracts foi proposto por Nick Szabó em 1996 (**SZABÓ, 1996**). Ele os descreveu como um "protocolo de transação computadorizado que executa os termos de um contrato". Com o advento da blockchain, essa ideia se tornou plenamente realizável.

2.2.1 Solidity e a Ethereum Virtual Machine (EVM)

A Ethereum foi a primeira plataforma a popularizar o uso de smart contracts. Os contratos na Ethereum são tipicamente escritos em Solidity, uma linguagem de programação de alto nível e orientada a objetos, e são executados na Ethereum Virtual Machine (EVM), um ambiente de execução isolado que funciona em cada nó da rede Ethereum.

2.2.2 Vantagens e Limitações dos Smart Contracts

- a) Vantagens: Automação, autonomia, redução de custos com intermediários, confiança, segurança criptográfica e transparência.
- b) Limitações: Dificuldade de modificação após a implantação (devido à imutabilidade), dependência de oráculos² para obter informações do mundo real, complexidade técnica e desafios legais e regulatórios.

3 MATERIAL E MÉTODOS

² Serviços externos que conectam smart contracts a dados do mundo real (off-chain), como informações de mercado, resultados de eventos ou dados de sensores, permitindo que os contratos reajam a informações externas à blockchain.

Este trabalho adota uma abordagem de pesquisa qualitativa e exploratória, focada na análise teórica e na aplicação prática do uso de contratos inteligentes no mercado de aluguel de imóveis, utilizando a plataforma *MyBlock* como um estudo de caso central. A metodologia foi estruturada nas seguintes etapas:

- a) Revisão Bibliográfica: Realizou-se uma pesquisa aprofundada em artigos científicos, publicações acadêmicas, livros e documentação técnica sobre os pilares da pesquisa: tecnologia blockchain, contratos inteligentes, a linguagem de programação Solidity, e as aplicações existentes no setor imobiliário global;
- b) Análise de Plataformas de Referência: Foram estudadas soluções internacionais que aplicam conceitos similares, como *Rentible* e *Smart Realty*, para compreender suas abordagens em termos de arquitetura, usabilidade, e desafios enfrentados, fornecendo um panorama comparativo para o desenvolvimento da *MyBlock*;
- c) Desenvolvimento de Estudo de Caso (Plataforma *MyBlock*): A etapa central consistiu no desenvolvimento de uma aplicação funcional (*MyBlock*) com arquitetura híbrida (on-chain e off-chain). Isso envolveu:
 - 1) A criação de um backend em Node.js com Express.js e banco de dados MongoDB para gerenciar dados não sensíveis;
 - 2) O desenvolvimento do contrato inteligente *Rent.sol* em Solidity, implementando a lógica de negócio dos aluguéis na blockchain;
 - 3) A construção de uma interface de usuário em Vue.js, integrando-se com a carteira MetaMask através da biblioteca ethers.js para a interação do usuário com a blockchain.
- d) Análise Jurídica e Regulatória: Foi conduzido um estudo sobre a legislação pertinente, incluindo o Código Civil, a Lei de Inquilinato (**Lei nº 8.245/91**), a Lei de Assinaturas Eletrônicas (**Lei nº 14.063/2020**) e, especialmente, a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), para avaliar a viabilidade e os desafios da implementação de tal plataforma no contexto nacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 A PLATAFORMA *MYBLOCK*: UM ESTUDO DE CASO

4.1.1 Visão geral e arquitetura do sistema

A *MyBlock* foi projetada com uma arquitetura híbrida, combinando elementos on-chain (na blockchain) e off-chain (em servidores tradicionais) para otimizar o desempenho, a privacidade e a experiência do usuário.

4.1.1.1 A arquitetura é dividida em três componentes principais

- a) Frontend: Uma aplicação web desenvolvida em Vue.js que serve como interface para o usuário. É responsável por interagir com a carteira digital do usuário (MetaMask) e se comunicar com o backend;
- b) Backend: Um servidor Node.js com Express.js que gerencia os dados off-chain, como perfis de usuário, informações detalhadas e imagens dos imóveis. Utiliza um banco de dados MongoDB para persistir essas informações;
- c) Blockchain: A rede Ethereum (ou uma rede compatível com EVM, como a Sepolia para testes) onde o smart contract *Rent.sol* é implantado. Este contrato governa a lógica de negócio dos aluguéis, como a criação, o pagamento e a finalização dos contratos.

4.1.2 Implementação OFF-CHAIN e ON-CHAIN o backend e o banco de dados:

O backend centraliza as operações que não necessitam da segurança e imutabilidade da blockchain, como o gerenciamento de perfis e o catálogo de imóveis. O coração da lógica de negócios da *MyBlock* reside no *smart contract Rent.sol*, escrito em Solidity.

4.1.2.1 Gerenciamento de usuário e autenticação:

O *authController.js* lida com o registro e login de usuários. No registro, o sistema associa o e-mail do usuário a um endereço de carteira Ethereum, que é essencial para as interações com o smart contract;

A autenticação é gerenciada por tokens JWT (JSON Web Tokens), garantindo que apenas usuários autenticados possam realizar ações como cadastrar imóveis ou gerenciar seu perfil.

4.1.2.2 Cadastro e gerenciamento de imóveis:

Através do arquivo `propertyController.js`, os usuários podem criar, listar, atualizar e deletar anúncios de imóveis;

As informações detalhadas dos imóveis (descrição, fotos, características) são armazenadas no MongoDB, conforme definido no modelo `Property.js`. Isso evita o alto custo e a ineficiência de armazenar grandes volumes de dados diretamente na blockchain.

4.1.2.3 Análise da estrutura do contrato:

O contrato utiliza um enum para definir os estados de um aluguel: Ativo, Atrasado, Finalizado.

A struct `Contrato` armazena todas as informações essenciais de um aluguel, como o ID, os endereços do locador e locatário, valor, data de vencimento e status.

Mapeamentos (mappings) são utilizados para associar endereços de usuários aos IDs dos contratos, permitindo buscas eficientes sem a necessidade de percorrer todos os contratos existentes.

4.1.2.4 Funções principais:

- a) `createContract()`: Permite que um locador crie um novo contrato, especificando o locatário, o valor do aluguel e uma descrição do imóvel. A função define o primeiro vencimento para 30 dias após a criação e calcula uma multa de 10% sobre o valor do aluguel.
- b) `pagarAluguel()`: Uma função payable que permite ao locatário enviar Ether para o contrato. A função verifica se o pagamento está atrasado e, em caso afirmativo, adiciona a multa ao valor devido. Após o recebimento, o valor é transferido para o locador e o próximo vencimento é atualizado.
- c) `finalizarContrato()`: Permite que o locador mude o status do contrato para Finalizado, encerrando o ciclo de aluguel na blockchain.

4.1.3 Segurança e prevenção de ataques

O contrato herda de *ReentrancyGuard* da *OpenZeppelin*, e a função `pagarAluguel` utiliza o modificador `nonReentrant`. Isso impede ataques de reentrância, uma vulnerabilidade comum em smart contracts, onde uma função maliciosa poderia chamar repetidamente a função de pagamento para drenar fundos antes da atualização do estado;

O contrato segue o padrão Checks-Effects-Interactions, realizando todas as validações (require) e atualizações de estado antes de interagir com outros contratos ou endereços (a transferência para o locador).

4.1.4 Interface do usuário: o frontend e Interação com a Carteira Digital (MetaMask)

A interface do usuário, desenvolvida com Vue.js, é o ponto de entrada para todas as interações, a plataforma utiliza a biblioteca ethers.js para se comunicar com a carteira *MetaMask* do usuário;

O usuário precisa conectar sua carteira para se registrar e, posteriormente, para assinar transações, como a criação de um contrato ou o pagamento de um aluguel.

4.1.4.1 Fluxo do usuário:

- a) O usuário se registra, conectando sua carteira e fornecendo um e-mail.
- b) O locador pode cadastrar um imóvel, enviando fotos e detalhes para o backend.
- c) O locatário interessado navega pelos imóveis e clica em "Alugar".
- d) Isso o redireciona para a página de criação de contrato, onde os detalhes do imóvel e do locatário são preenchidos.
- e) Ao confirmar, o frontend solicita que o locador assine a transação `createContract` via MetaMask.
- f) Uma vez que a transação é confirmada na blockchain, o contrato é oficialmente criado, e o status do imóvel no backend é atualizado para "alugado".

4.2 ANÁLISE JURÍDICA E REGULATÓRIO NO BRASIL

A aplicação de contratos inteligentes no Brasil, embora promissora, navega em um cenário jurídico ainda em desenvolvimento.

4.2.1 Validade jurídica dos smart contracts:

No Brasil, a validade dos negócios jurídicos não depende de forma especial, senão quando a lei expressamente a exigir (Art. 107 do Código Civil). A **Lei nº 14.063/2020** reconhece a validade de assinaturas eletrônicas, o que pode dar respaldo à formalização de acordos por meio de transações em uma blockchain, que são assinadas criptograficamente. A grande questão em aberto é como o Poder Judiciário interpretará a autoexecutoriedade dos smart contracts em caso de disputas.

4.2.2 A lei geral de proteção de dados (LGPD) e a imutabilidade da blockchain:

A LGPD (**Lei nº 13.709/2018**) garante aos titulares de dados direitos como a correção e a eliminação de seus dados ("direito ao esquecimento"). Isso entra em conflito direto com a característica de imutabilidade da blockchain, onde os dados, uma vez registrados, não podem ser alterados ou apagados. A arquitetura híbrida do *MyBlock*, que armazena dados pessoais sensíveis (como nome, e-mail, telefone) em um banco de dados off-chain, é uma abordagem prática para mitigar esse conflito. Os dados na blockchain são limitados aos endereços das carteiras e aos termos do contrato, que podem ser considerados pseudônimos.

4.2.3 Avanços regulatórios e o setor notarial:

Além da validade contratual e da LGPD, um desafio prático para a aplicação no setor imobiliário é a integração com o tradicional sistema de registros públicos. No entanto, o próprio setor notarial brasileiro tem demonstrado uma abertura sem precedentes à inovação. A sanção da **Lei nº 14.382/2022**, que criou o Sistema Eletrônico dos Registros Públicos (**SERP (BRASIL, 2022)**), é um marco que digitaliza e interconecta os cartórios, abrindo caminho para a adoção de novas tecnologias como a blockchain. Essa movimentação é corroborada por iniciativas de Corregedorias-Gerais de Justiça estaduais. Um exemplo notável é o da Corregedoria-Geral da Justiça do Rio Grande do Sul que, através do **Provimento nº**

038/2021-CGJ/RS (RIO GRANDE DO SUL, 2021), regulamentou a lavratura e o registro de escrituras públicas de permuta de bens imóveis cuja contrapartida seja feita em criptoativos, demonstrando um reconhecimento prático da integração dessas tecnologias ao sistema registral. No mesmo sentido, a Corregedoria-Geral da Justiça do Rio de Janeiro autorizou, através **do Provimento nº 87/2022 (RIO DE JANEIRO, 2022)**, um projeto-piloto para o registro de imóveis utilizando tecnologia blockchain. Essas iniciativas demonstram um reconhecimento institucional da viabilidade da tecnologia e um esforço para adaptá-la à realidade jurídica brasileira, mitigando riscos e construindo um arcabouço para sua adoção segura.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS, DESAFIOS E PROPOSTAS

A implementação da plataforma *MyBlock* serviu como uma prova de conceito funcional, validando a hipótese de que a tecnologia blockchain pode ser aplicada para otimizar contratos de aluguel.

Os principais resultados positivos observados foram:

- a) **Transparência e Auditabilidade:** O histórico de criação e pagamentos de cada contrato fica registrado de forma pública e imutável na blockchain, permitindo que locador e locatário auditem o processo a qualquer momento, sem a necessidade de um intermediário para validar as informações;
- b) **Automação e Redução de Custos:** A lógica de pagamento, incluindo o cálculo de multas por atraso, é automatizada pelo smart contract. Isso elimina a necessidade de intervenção manual para cobranças e reduz os custos administrativos tradicionalmente associados à gestão de aluguéis;
- c) **Segurança:** O uso de chaves criptográficas para assinar transações e a proteção contra reentrância no smart contract oferecem um nível de segurança robusto para as operações financeiras, minimizando riscos de fraude e desvio de fundos.

4.3.1 Desafios e limitações

- a) **Volatilidade das Criptomoedas:** A definição do valor do aluguel em ETH expõe locadores e locatários à volatilidade do mercado de criptoativos. Uma solução futura seria a integração com stablecoins atreladas ao Real (BRL).

- b) Custos de Transação (Gas Fees): As taxas de gás da rede Ethereum podem ser altas, tornando a criação e o pagamento de contratos onerosos, especialmente para aluguéis de baixo valor. A utilização de redes de segunda camada (Layer 2) poderia ser uma solução para este problema.
- c) Adoção e Usabilidade: A necessidade de possuir uma carteira digital e entender os conceitos básicos de blockchain ainda é uma barreira significativa para a adoção em massa pelo público geral.

4.3.2 Propostas para a viabilidade no Brasil:

- a) A análise da plataforma *MyBlock* revelou desafios práticos que, embora não invalidam o potencial da tecnologia, são barreiras significativas para sua adoção em massa no cenário brasileiro. A volatilidade do Ether (ETH) e os custos de transação (taxas de gás) na rede Ethereum são os principais obstáculos. Felizmente, o ecossistema blockchain já oferece soluções robustas para mitigar esses problemas: o uso de stablecoins e a implementação de soluções de escalabilidade de segunda camada (Layer 2).

4.3.2.1 StableCoins:

- a) Mitigando a volatilidade de preços, o principal desafio econômico para a utilização de criptomoedas como o Ether em contratos de longo prazo, como o aluguel, é sua alta volatilidade. O valor do aluguel acordado em ETH poderia variar drasticamente em Reais (BRL) de um mês para o outro, criando insegurança financeira tanto para o locador quanto para o locatário.
- b) As stablecoins são criptoativos projetados para manter um valor estável, geralmente atrelado a um ativo do mundo real, como uma moeda fiduciária (dólar, euro) ou uma commodity (ouro). Para a realidade brasileira, a utilização de stablecoins atreladas ao dólar (como USDT ou USDC) ou, idealmente, ao Real, eliminaria completamente o problema da volatilidade.

4.3.2.2 Benefícios para o mercado de aluguel brasileiro:

- a) **Previsibilidade Financeira:** Ao denominar o aluguel em uma stablecoin pareada com o Real (BRL), o valor mensal a ser pago permanece constante, independentemente das flutuações do mercado cripto. Isso torna o planejamento financeiro de ambas as partes tão previsível quanto em um contrato tradicional.
- b) **Acesso ao Ecosistema Digital com Segurança:** As stablecoins permitem que os usuários se beneficiem da eficiência e segurança da blockchain (transações rápidas, baixos custos de transferência internacional, automação via smart contracts) sem se exporem ao risco da especulação de preços.
- c) **O Advento do Drex (Real Digital):** O Brasil está na vanguarda da inovação em moedas digitais com o desenvolvimento do Drex, a Moeda Digital do Banco Central (CBDC) do Banco Central do Brasil. O Drex funcionará como uma representação digital do Real na blockchain, oferecendo a estabilidade da moeda nacional com a programabilidade dos ativos digitais. A integração de uma plataforma como a *MyBlock* com o Drex seria o cenário ideal, pois combinaria a confiança e a estabilidade da moeda soberana brasileira com a automação e a segurança dos smart contracts, criando um ambiente de negócios totalmente digital, regulado e eficiente para o mercado imobiliário. A adaptação do smart contract Rent.sol para operar com um token ERC-20³ (o padrão para stablecoins na Ethereum) em vez de ETH nativo é tecnicamente direta, envolvendo a substituição das transferências de msg.value por chamadas à função transferFrom do contrato do token.

4.3.2.3 Soluções de segunda camada (layer 2):

³ Padrão técnico estabelecido na blockchain Ethereum para a criação e implementação de tokens fungíveis (intercambiáveis), como criptomoedas e stablecoins. Define um conjunto comum de regras que os tokens devem seguir.

- a) reduzindo custos e aumentando a velocidade, as taxas de transação ("gás") na rede principal da Ethereum (Layer 1) podem ser proibitivas, especialmente durante períodos de alta congestão. O custo para criar um contrato ou registrar um pagamento mensal poderia, em alguns casos, superar o próprio valor transacionado, inviabilizando a aplicação para o mercado de aluguéis de médio e baixo padrão, que é a maior parte do mercado brasileiro.
- b) As soluções de escalabilidade de segunda camada (Layer 2) surgem como a resposta para esse problema. Elas são blockchains construídas "sobre" a Ethereum, projetadas para processar transações de forma muito mais rápida e barata. Elas herdam a segurança da rede principal ao postar periodicamente pacotes de transações (ou provas de transações) na Layer 1.

4.3.2.3.1 As principais tecnologias da layer 2 incluem:

- a) Optimistic Rollups⁴ (ex: Optimism, Arbitrum): Agrupam centenas de transações em um único lote e as publicam na Ethereum. Elas operam sob uma premissa "otimista" de que todas as transações são válidas, mas incluem um período de contestação durante o qual qualquer transação fraudulenta pode ser desafiada e revertida.
- b) ZK-Rollups (Zero-Knowledge Rollups) (ex: Polygon zkEVM, zkSync): Também agrupam transações, mas geram uma "prova de conhecimento zero" (zero-knowledge proof) que valida criptograficamente a correção de todas as transações no lote. Essa prova é então postada na Ethereum. São consideradas mais seguras e eficientes a longo prazo, pois não necessitam de um período de contestação.

4.3.2.4 Impacto da adoção da layer 2 no *MyBlock*:

- a) Redução Drástica de Custos: A implementação da *MyBlock* em uma rede Layer 2 como a Polygon, Arbitrum ou Optimism reduziria os custos de transação de dezenas de dólares para poucos centavos. Isso tornaria a criação de um contrato de aluguel e o

⁴ Tecnologia de escalabilidade de segunda camada (Layer 2) que processa transações fora da blockchain principal (Layer 1), agrupando-as em lotes e enviando um resumo ou prova para a cadeia principal. Reduz custos e aumenta a velocidade das transações. Os principais tipos incluem Optimistic Rollups e ZK-Rollups (Zero-Knowledge Rollups).

pagamento mensal na blockchain financeiramente viáveis para a grande maioria dos brasileiros.

b) **Transações Mais Rápidas:** A confirmação de transações em Layer 2 ocorre em segundos, em comparação com os minutos que pode levar na rede principal da Ethereum. Isso melhora significativamente a experiência do usuário, tornando a interação com a plataforma quase instantânea.

c) **Manutenção da Segurança:** Como as Layer 2 publicam seus dados na Ethereum, elas se beneficiam da segurança e imutabilidade da rede principal, garantindo que o registro dos contratos e pagamentos permaneça íntegro e à prova de fraude.

A migração da plataforma para uma Layer 2 é relativamente simples do ponto de vista técnico, uma vez que a maioria delas é compatível com a EVM. O smart contract *Rent.sol* poderia ser implantado em uma dessas redes sem a necessidade de alterações significativas no código. O principal ajuste seria na configuração do frontend, para que a carteira do usuário se conecte ao provedor RPC da rede Layer 2 escolhida..

A combinação estratégica do uso de stablecoins para estabilidade financeira e a implantação em uma rede de segunda camada para escalabilidade e baixo custo são os passos lógicos e necessários para transformar um protótipo inovador como o *MyBlock* em uma solução de mercado viável e altamente benéfica para o setor imobiliário brasileiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou, tanto na teoria quanto na prática com o desenvolvimento da plataforma *MyBlock*, o potencial transformador da blockchain e dos smart contracts para o setor imobiliário. A pesquisa confirmou que a tecnologia pode, de fato, trazer mais eficiência, segurança e transparência aos contratos de aluguel, resolvendo problemas crônicos do mercado tradicional.

A plataforma *MyBlock* validou a viabilidade técnica de um sistema híbrido que equilibra os benefícios da descentralização com as necessidades de usabilidade e

conformidade regulatória. No entanto, a jornada para a adoção em larga escala ainda apresenta desafios significativos, principalmente no que tange à volatilidade das criptomoedas, aos custos de transação e à complexidade para o usuário final.

Conclui-se que, embora a tecnologia esteja madura o suficiente para oferecer soluções funcionais, seu sucesso no mercado brasileiro dependerá de uma evolução contínua na experiência do usuário, da estabilização da economia cripto e, crucialmente, do desenvolvimento de um arcabouço jurídico e regulatório claro que ofereça segurança para todas as partes envolvidas.

Como trabalhos futuros, sugere-se:

1. A migração da plataforma para uma rede Layer 2 para redução de custos; a integração com stablecoins ou o futuro Drex;
2. Testes de usabilidade com usuários reais;
3. A implementação de funcionalidades adicionais como gestão de manutenção e depósito caução;
4. E estudos de viabilidade econômica comparativa com o mercado tradicional.

ABSTRACT

This work addresses the potential of blockchain technology and smart contracts to transform the Brazilian real estate market, historically marked by bureaucracy and high costs. The general objective is to analyze the feasibility of automating rental agreements through smart contracts, aiming to increase the process's efficiency, security, and transparency. To this end, a qualitative and exploratory research methodology was adopted, which included an in-depth literature review, an analysis of the national legal framework (such as the LGPD and the Civil Code), and, as a central component, the development of a practical case study: the *MyBlock* platform. This platform uses a hybrid architecture (on-chain/off-chain) with a Solidity contract on the Ethereum blockchain, a Node.js backend, and a Vue.js frontend. The results demonstrate the technical feasibility of the solution, validating payment automation and the process's auditability. It is concluded that, despite the proven potential, mass adoption faces significant challenges, such as cryptocurrency volatility, transaction costs (gas fees), and usability barriers, indicating the need for scalability solutions (Layer 2) and regulatory maturation for its full implementation.

Keywords: Blockchain; Smart Contracts; Real Estate Market.

REFERÊNCIAS

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Drex: moeda digital do Banco Central.* Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/drex>. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. *Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014.* Estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil (Marco Civil da Internet). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l12965.htm. Acesso em: 20 maio 2025.

BRASIL. *Lei nº 14.063, de 23 de setembro de 2020.* Dispõe sobre o uso de assinaturas eletrônicas em interações com entes públicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14063.htm. Acesso em: 7 maio 2025.

BRASIL. *Lei nº 14.382, de 27 de junho de 2022.* Dispõe sobre o Sistema Eletrônico dos Registros Públicos (Serp). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14382.htm. Acesso em: 9 maio 2025.

BUTERIN, V. *A next-generation smart contract and decentralized application platform. Ethereum White Paper,* 2014. Disponível em: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>. Acesso em: 7 maio 2025.

CIRCLE. *USD Coin (USDC): a stablecoin for the digital economy.* Disponível em: <https://www.circle.com/en/usdc>. Acesso em: 27 maio 2025.

ETHEREUM FOUNDATION. *Ethereum whitepaper.* Disponível em: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>. Acesso em: 11 maio 2025.

ETHEREUM FOUNDATION. *Solidity documentation.* Disponível em:

<https://docs.soliditylang.org/en/latest/>, Acesso em: 18 maio 2025.

LEMIEUX, V. L. Trusting records: is Blockchain technology the answer? *Records Management Journal*, v. 27, n. 3, p. 372–389, 2017.

NAKAMOTO, S. *Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system.* 2008. Disponível em:

<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 7 out. 2025.

OFFCHAIN LABS. *Arbitrum documentation: scaling Ethereum.* Disponível em:

<https://docs.arbitrum.io/>. Acesso em: 7 out. 2025.

OPENZEPPELIN. *ReentrancyGuard documentation.* Disponível em:

<https://docs.openzeppelin.com/contracts/4.x/api/security#ReentrancyGuard>. Acesso em: 20 out. 2025.

RIO DE JANEIRO (RJ). *Corregedoria Geral da Justiça.* Provimento nº 87/2022. Institui o novo Código de Normas da Corregedoria Geral da Justiça – Parte Extrajudicial, para atualizar e padronizar as atividades de serventias extrajudiciais (cartórios). Rio de Janeiro, 2022.

Disponível em: <https://cnbrj.org.br/provimento-cgj-no-87-2022/>. Acesso em: 15 maio 2025.

RIO GRANDE DO SUL (RS). *Corregedoria-Geral da Justiça.* Provimento nº 038/2021-CGJ/RS. Dispõe sobre a regulamentação para lavratura e registro de escrituras públicas de permuta de bens imóveis por criptoativos ou tokens. Porto Alegre, RS, 2021.

Disponível em:

<https://www.tjrs.jus.br/novo/noticia/cgj-regulamenta-escritura-publica-de-imoveis-por-token-criptoativo/>. Acesso em: 16 maio 2025.

SZABÓ, N. *Smart contracts: building blocks for digital markets.* 1996. Disponível em:

https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html. Acesso em: 7 maio 2025.

SWAN, M. *Blockchain: blueprint for a new economy*. 1. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015.

TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A. *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. New York: Penguin, 2016.