Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2023
ISSN 2178-6925

# BLOCKCHAIN E CONTRATOS INTELIGENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL 4.0

# BLOCKCHAIN AND SMARTS CONTRACTS IN CIVIL CONSTRUCTION 4.0

**Thiago Augustus Remacre Munareto Lima**
Doutorado em Física da Matéria Condensada, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: thiago.remacre@gmail.com
**Ian Tiago Santos da Mota**
Graduando em Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: ianmotabr@gmail.com
**Carlos Mariano Melo Junior**
Doutorado em estruturas e construção civil, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: carlos.melo@ifs.edu.br

## Resumo

A tecnologia Blockchain é uma inovação em desenvolvimento há mais de uma década, mas muitas pessoas ainda não compreendem sua amplitude de aplicação e suas possibilidades para diversos setores. A tecnologia Blockchain, inicialmente utilizada para o mercado financeiro, tem sido explorada em diversas áreas, incluindo a construção civil. O setor da construção, tradicionalmente lento na adoção de novas tecnologias, está começando a reconhecer o potencial do Blockchain para gerenciar de forma mais eficiente seus processos e projetos. Neste artigo, será discutido o potencial do Blockchain e dos contratos inteligentes para o gerenciamento de processos e projetos de construção, bem como descrição de casos de uso e dos desafios a serem superados para a implementação bem-sucedida dessa tecnologia na construção civil 4.0.
**Palavras-chave:** Blockchain. Contratos Inteligentes. Construção.

## Abstract

Blockchain technology is an innovation that has been in development for more than a decade, but many people still do not understand its breadth of application and possibilities for various sectors. Initially used in the financial market, blockchain technology has been explored in various fields, including construction. The construction sector, traditionally slow in adopting new technologies, is beginning to recognize the potential of blockchain to manage its processes and projects more efficiently. In this article, we will discuss the potential of blockchain and smart contracts for managing construction processes and projects, as well as describe use cases and challenges to be overcome for the successful implementation of this technology in Construction 4.0.

**Keywords:** Blockchain; smart contracts; Construction.

## 1. Introdução

O gerenciamento de construções é uma área que envolve uma série de desafios, desde o controle de cronogramas e orçamentos até a coordenação de equipes de trabalho e a comunicação com os proprietários. A complexidade desses projetos pode levar a atrasos, erros e custos excessivos, especialmente quando muitas partes estão envolvidas. Por essa razão, a tecnologia Blockchain pode ser uma solução valiosa para melhorar a eficiência, a transparência e a segurança do gerenciamento de construções. A tecnologia Blockchain é uma tecnologia de registro distribuído que permite a criação de registros digitais descentralizados, imutáveis e transparentes. Ele funciona como um grande livro contábil digital, em que cada registro é verificado por um grande número de nós na rede e é criptografado de forma segura (DESEN KIRLI, 2022). A tecnologia Blockchain é conhecida por ser resistente a adulterações e, portanto, é considerada uma forma segura de armazenamento de dados. Embora seja mais conhecida por seu uso em criptomoedas, a tecnologia Blockchain tem potencial para ser aplicada em diversas áreas, incluindo a construção civil.

Uma das vantagens do uso da tecnologia Blockchain no gerenciamento de construções é a capacidade de melhorar a transparência e a rastreabilidade dos processos envolvidos. Com o registro de dados imutáveis e transparentes, todas as partes interessadas envolvidas em um projeto de construção podem acessar informações precisas e atualizadas sobre o andamento do projeto. Isso pode ajudar a reduzir mal-entendidos e conflitos, melhorando a comunicação entre as partes e aprimorando a tomada de decisões. Além disso, a tecnologia Blockchain pode ajudar a automatizar e simplificar o processo de gerenciamento de contratos e pagamentos. Por exemplo, o uso de contratos inteligentes na tecnologia Blockchain pode permitir que os pagamentos sejam desbloqueados automaticamente quando determinadas etapas do projeto são concluídas. Isso pode reduzir atrasos e erros, bem como evitar possíveis conflitos de pagamento (DESEN KIRLI, 2022). Esses contratos são armazenados em uma rede Blockchain e são imutáveis,

transparentes e seguros.

## 2. Revisão da Literatura

A construção civil é uma das indústrias mais importantes do mundo, responsável pela construção de edifícios residenciais, comerciais e industriais, infraestrutura urbana e de transporte. No entanto, essa indústria ainda enfrenta muitos desafios, como a falta de transparência, atrasos na execução do projeto, custos excessivos e disputas entre as partes interessadas. Uma das tecnologias emergentes que podem ajudar a superar esses desafios é a tecnologia blockchain e os contratos inteligentes.

Este referencial teórico tem como objetivo explorar o conceito de blockchain, sua aplicação na construção civil, seus benefícios e desafios. Também serão discutidos os contratos inteligentes, sua relação com a tecnologia blockchain e como eles podem ser aplicados na construção civil.

### 2.1 Blockchain

A tecnologia blockchain é uma plataforma descentralizada que permite a transferência de valor e informações entre usuários de forma segura e confiável, sem a necessidade de intermediários. A tecnologia foi originalmente desenvolvida para apoiar a criptomoeda Bitcoin, mas desde então tem sido aplicada em vários setores, incluindo a construção civil.

Na construção civil, o blockchain pode ser usado para criar um registro imutável de informações, como dados de projeto, documentação e cronogramas de construção. Isso pode ajudar a melhorar a transparência e a confiança entre as partes interessadas e a reduzir a probabilidade de disputas (KHATIBI,2020). Além disso, a tecnologia blockchain também pode ser usada para facilitar a troca de informações entre as partes interessadas, permitindo que elas se comuniquem de forma mais eficaz e tomem decisões informadas. Por exemplo, os empreiteiros podem usar o blockchain para monitorar o progresso da construção e o uso de materiais, enquanto os proprietários podem usar a tecnologia para rastrear o orçamento e as despesas do projeto (DESEN KIRLI, 2022).

**2.2- Contratos inteligentes**

Os contratos inteligentes são um tipo de software que é executado automaticamente quando determinadas condições são atendidas. Eles são baseados em linguagens de programação e permitem que as partes interessadas definam os termos e condições do contrato em um formato digital e executável.

Na construção civil, os contratos inteligentes podem ser usados para automatizar o processo de gerenciamento de contratos, eliminando a necessidade de intermediários e reduzindo o risco de erros humanos. Por exemplo, os empreiteiros podem usar contratos inteligentes para automatizar o pagamento de subcontratados com base no progresso da construção, eliminando a necessidade de intervenção humana no processo de pagamento (HEWA, 2021).

Além disso, os contratos inteligentes também podem ser usados para automatizar o gerenciamento de suprimentos, garantindo que os materiais sejam entregues no momento certo e na quantidade certa. Isso pode ajudar a evitar atrasos na execução do projeto e garantir a conclusão do projeto dentro do prazo e do orçamento.

De maneira geral, os contratos inteligentes podem oferecer uma série de benefícios para o gerenciamento de construções. Alguns desses benefícios incluem:

i) Eficiência: Os contratos inteligentes podem ajudar a automatizar o processo de gerenciamento de contratos, reduzindo a necessidade de intermediários e terceiros. Isso torna o processo mais eficiente, reduzindo o tempo necessário para concluir contratos e liberando recursos para outras atividades.

ii) Transparência: Os contratos inteligentes são armazenados em uma rede Blockchain, que é transparente e imutável. Isso significa que todas as transações e alterações no contrato podem ser vistas por todas as partes interessadas, tornando o processo mais transparente e confiável.

iii) Segurança: Os contratos inteligentes são imutáveis e seguros, o que significa que não podem ser alterados ou manipulados sem o consentimento de todas as partes interessadas. Isso torna o processo mais seguro e confiável, reduzindo o risco de fraude e erros.

iv) Oportunidades para automação: Os contratos inteligentes podem ser programados para executar automaticamente certas tarefas, como o pagamento de parcelas do contrato ou a liberação de recursos para uma determinada etapa do projeto. Isso pode ajudar a otimizar o processo de gerenciamento de construções, liberando recursos para outras atividades e reduzindo o tempo necessário para gerenciar contratos.

v) Redução de custos: A automação e eficiência proporcionadas pelos contratos inteligentes podem reduzir custos associados ao gerenciamento de contratos, como taxas de intermediação e outros custos administrativos.

vi) Acompanhamento de desempenho: A transparência proporcionada pelos contratos inteligentes pode ajudar as partes interessadas a monitorar o desempenho dos contratados. Isso pode ajudar a identificar problemas ou atrasos em tempo real, permitindo ações corretivas imediatas.

## 3. Metodologia

Esse estudo, de caráter exploratório e de cunho de revisão bibliográfica, foi idealizado com base no mapeamento sistemático em obras da literatura no âmbito do emprego da tecnologia do Blockchain e contratos inteligentes na construção civil. A partir da análise cientométrica como uma abordagem quantitativa sobre a estrutura das atividades científicas de inovação tecnológica da construção, apresentam-se três áreas de interesse eminente do emprego da tecnologia de Blockchain em processos e projetos da construção:

- Ingerência nos procedimentos de medição de pagamento;
- Tecnologia Blockchain para redes de suprimentos de insumos;
- Contratos Inteligentes;
- BIM integrado aos contratos inteligentes.

A área de ingerência de procedimentos de pagamento discute as questões enfrentadas pela indústria da construção em geral e pelos empreiteiros, em particular à dificuldade de processamento automatizado nos pagamentos atrelados as medições de serviços de empreitadas em canteiros de obras, sendo necessário para tal tarefa a presença de uma terceira parte, que afeta todo o projeto em relação

aos pagamentos e ao cronograma, sem adicionar valor ao projeto (VACCA,2021).

A segunda área, define a tecnologia Blockchain e suas características, em seguida, discute suas vantagens para a indústria da construção e como projetos futuros podem se beneficiar desta tecnologia inovadora (VACCA,2021). A terceira área define o cerne desta tese, que são os contratos inteligentes e suas características e como podem ser benéficos para esta indústria que carece de recursos dinâmicos para aceitar novas tecnologias. Ela também discute suas vantagens e desvantagens e seu potencial para a indústria da construção e a plataforma que pode operar os contratos inteligentes (CELIK, 2023).

A quarta e última área discute o potencial de integrar a tecnologia de contratos inteligentes com o BIM (Building Information Modeling) (CELIK, 2023). A tecnologia BIM já está presente em diversos projetos de construção e a integração com contratos inteligentes é inevitável. Mesmo assim, com a disseminação da tecnologia da rede Blockchain e algoritmos de contratos inteligentes de validação de transações financeiras de cripto ativos entre integrantes da rede Blockchain, por exemplo o Bitcoin, o emprego da tecnologia de Blockchain na construção ainda é muito recente e tem aplicação mínima até agora no campo da engenharia civil e construção, sendo neste caso baseado em experiências hipotéticas.

A partir dos benefícios do emprego da tecnologia Blockchain e dos contratos inteligentes em setores da construção civil, serão descritos, hipoteticamente, casos de usos em que construtoras e escritórios de engenharia podem empregar na gestão de seus projetos construtivos, otimização de procedimentos de acompanhamento de serviços e automação de medição e pagamentos de contratos com fornecedores.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Exemplo de caso de uso de Contratos Inteligentes na construção civil 4.0

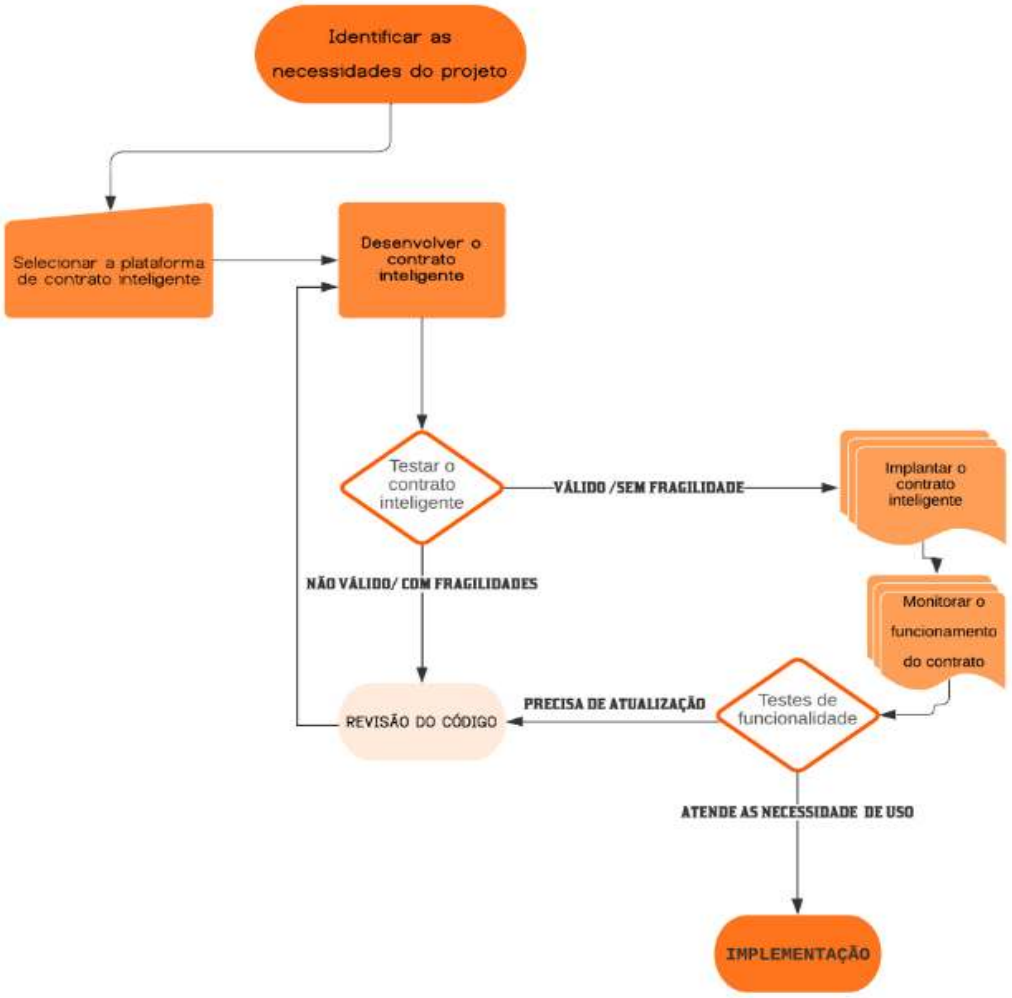
Um caso de uso de contratos inteligentes na construção civil pode ser para gerenciar e automatizar os pagamentos de fornecedores e subcontratados ao longo do ciclo de vida de uma obra. Suponha que uma construtora está realizando a construção de um edifício comercial. A empresa pode utilizar um contrato

inteligente para gerenciar os pagamentos a fornecedores e subcontratados, garantindo maior transparência e eficiência no processo de pagamento. O contrato inteligente pode ser programado para monitorar o andamento da obra e liberar pagamentos automaticamente quando determinados marcos forem atingidos, como a conclusão de etapas específicas ou a entrega de materiais. Isso reduz a necessidade de um gerente de projetos dedicado para gerenciar o processo de pagamento, bem como elimina a necessidade de um processo de auditoria manual, já que todas as transações e termos contratuais são registrados na Blockchain.

Além disso, o contrato inteligente pode incluir termos de penalidade em caso de atrasos ou não cumprimento de obrigações contratuais, bem como termos de resolução de disputas para lidar com qualquer litígio que possa surgir entre as partes envolvidas. Isso ajuda a garantir o cumprimento de contratos e reduzir a possibilidade de litígios. A implementação de um serviço de contrato inteligente na construção civil envolve vários passos importantes. A figura 1 descreve um fluxograma para a implementação bem-sucedida de um serviço de contrato inteligente na construção civil.

Antes de começar a desenvolver um contrato inteligente, é importante entender as necessidades do projeto em questão. Isso inclui entender os requisitos de negócios, as expectativas dos clientes e as restrições do projeto, por exemplo, as restrições da rede de Blockchain em que o contrato inteligente será processado. Existem várias plataformas de contrato inteligente disponíveis no mercado. É importante selecionar uma plataforma que seja adequada para as necessidades do projeto em questão. Alguns exemplos de plataformas populares incluem Ethereum, Hyperledger Fabric, Corda e EOS. Depois de selecionar a plataforma de contrato inteligente, o próximo passo é desenvolver o contrato inteligente propriamente dito. Isso envolve escrever o código do contrato inteligente e definir as regras de negócios que serão incorporadas no contrato. Geralmente a linguagem de programação para o desenvolvimento do código do contrato inteligente é a Solidity, da rede Ethereum.

Figura 1: Fluxograma para implantação de um contrato inteligente




Fonte: Autor

Uma vez que o contrato inteligente tenha sido desenvolvido, é importante testá-lo exaustivamente. Isso envolve a execução de testes de unidade e testes de integração para garantir que o contrato inteligente seja robusto e confiável. Depois que o contrato inteligente tenha sido testado e validado, é hora de implantá-lo na plataforma escolhida. Isso envolve a implantação do contrato inteligente em um ambiente de produção e a configuração dos parâmetros necessários para que o contrato funcione corretamente. Por fim, uma vez que o contrato inteligente tenha sido implantado, é importante monitorá-lo continuamente para garantir que ele esteja funcionando conforme o esperado. Também é importante manter o contrato inteligente atualizado e corrigir quaisquer problemas que surjam durante o seu uso.

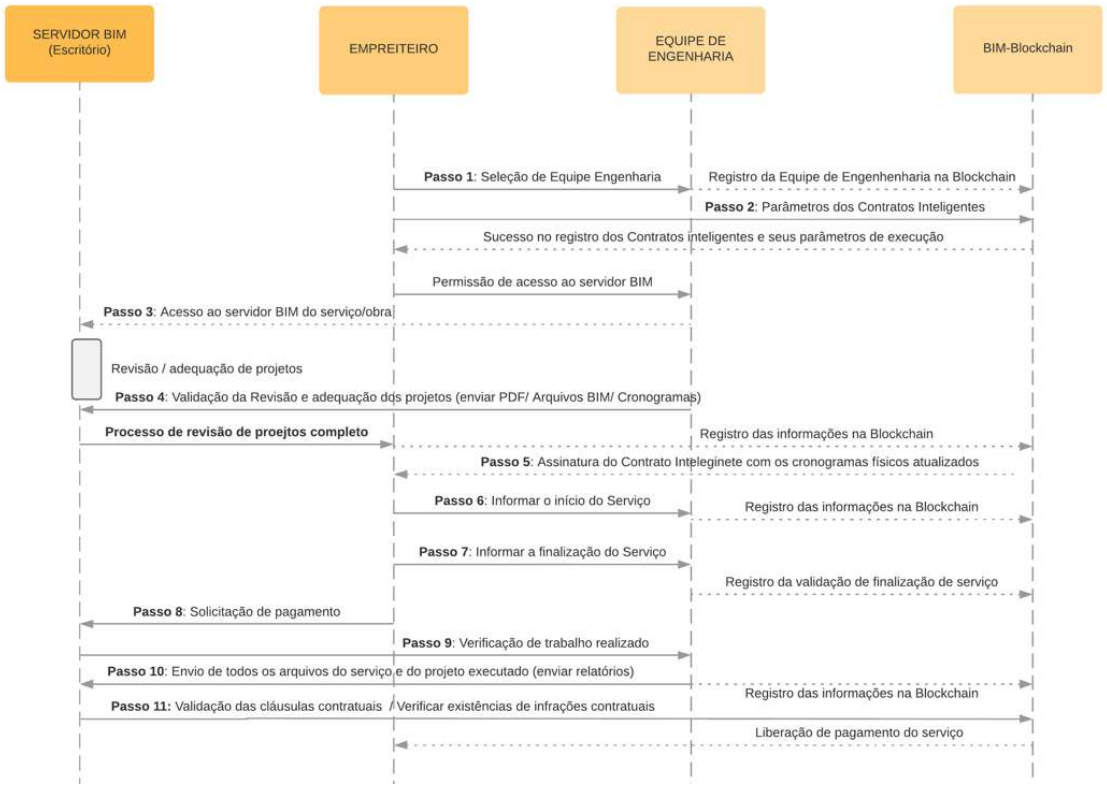
### 4.2 Exemplo de cenário para o emprego da Blockchain em gerenciamento de projetos: BIM-Blockchain

Nesta seção, é apresentado uma proposta de arquitetura para gerenciar informações de construção com Blockchain, a BIM-Blockchain. A diferença chave entre aplicações Blockchain tradicionais, como o Bitcoin, e Blockchain para BIM é a relação diferente entre o número de transações, número de participantes e tamanho dos dados a serem gerenciados. Para efeitos de comparação, o Bitcoin envolve bilhões de transações entre milhões de usuários, de cerca de um kilobyte cada. A proposta da criação Blockchain de informações de construção, por exemplo arquitetura BIM-Blockchain, envolve centenas de transações entre dezenas de usuários, chegando a alguns gigabytes cada.

A aplicação do BIM-Blockchain está centrada no exemplo de uma empresa de construção que está envolvida em um projeto de construção complexo, com várias frentes de trabalho, muitos subcontratados e uma grande quantidade de dados de construção, por exemplo a construção de um arranha céu ou de uma ponte rodoviária. O objetivo é garantir que todos os dados sejam registrados e compartilhados de forma transparente e segura entre as diferentes partes envolvidas.

Nesse cenário, a empresa de construção pode usar a tecnologia Blockchain para criar um registro digital imutável de todos os dados do projeto executivo. A equipe pode usar o BIM para capturar e registrar todos os dados relevantes do projeto, incluindo desenhos, especificações, cronogramas, orçamentos, informações de fornecedores e muito mais (CELIK, 2023). Esses dados são então registrados na BIM-Blockchain, onde são armazenados de forma segura e imutável via criptografia de ponta a ponta. Isso significa que todas as partes envolvidas no projeto podem ter acesso a informações atualizadas e precisas, e quaisquer alterações ou atualizações podem ser rastreadas e verificadas na BIM-Blockchain, conforme exposto da Figura 2 do diagrama de sequência da estrutura de interação entre os autores do sistema.

Figura 2: Diagrama de sequência da estrutura de interações entre os autores da BIM-Blockchain




Fonte: Autor

Além disso, a BIM-Blockchain dotada de contratos inteligentes também pode ser usada para gerenciar pagamentos e transações entre as diferentes partes envolvidas no projeto. Os pagamentos podem ser realizados automaticamente quando os marcos do projeto são atingidos, e todas as transações são registradas na Blockchain para garantir a transparência e a segurança do processo. Ainda, por meio da integração de contratos inteligentes na BIM-Blockchain pode-se criar uma cadeia de suprimentos descentralizada, incluindo desde o rastreamento de consumo do estoque, efetivação automática da solicitação compra de materiais ao fornecedor, realização de pagamentos até a entrega de produtos no canteiro de obras (ELGHAISH,2023).

Por fim, a tecnologia BIM-Blockchain pode ser usada para melhorar a qualidade dos dados coletados durante a construção, incluindo informações de sensores e equipamentos com integração via IoT (Internet das coisas) em canteiro de obras (KOE,2023). Com a tecnologia BIM-Blockchain, a gestão descentralizada destes dados pode melhorar a eficiência da construção e aprimorar a tomada de decisões durante o projeto.  No geral, o uso da Blockchain em conjunto com o BIM

pode ajudar a garantir a eficiência, transparência e segurança do gerenciamento de projetos de construção, resultando em projetos concluídos dentro do prazo e dentro do orçamento. Em última análise, o emprego da tecnologia BIM-Blockchain oferece uma oportunidade única para a indústria de construção se reinventar e modernizar, criando um ambiente mais eficiente, transparente e seguro para gerenciar projetos de construção complexos.

### 4.3 O futuro desafiador da Blockchain na construção civil 4.0

No entanto, como qualquer tecnologia emergente, a tecnologia Blockchain também apresenta desafios e limitações. Um dos principais desafios é a escalabilidade. Como a tecnologia Blockchain requer a validação de cada registro por muitos nós na rede, pode haver um atraso na confirmação de transações em redes muito grandes. Além disso, o alto consumo de energia da tecnologia Blockchain é uma preocupação ambiental que precisa ser abordada, mesmo em redes privadas com validadores locais de requisição (VACCA,2021).

Outro desafio é a necessidade de padrões e regulamentos comuns. Como a tecnologia Blockchain é relativamente nova, ainda não existem padrões e regulamentos comuns para seu uso no gerenciamento de construções. Isso pode levar a diferentes implementações e incompatibilidades entre sistemas, o que pode dificultar a interoperabilidade entre as partes interessadas. Além disso, a adoção da tecnologia Blockchain e realização de medições de empreitada por contratos inteligentes pode exigir uma mudança na cultura empresarial e na mentalidade dos envolvidos. A tecnologia Blockchain requer uma abordagem descentralizada e colaborativa para gerenciamento de dados e processos, o que pode exigir uma mudança nas práticas de trabalho tradicionais. A falta de conscientização e educação acadêmica de futuros engenheiros sobre essa tecnologia, também pode ser um obstáculo para a adoção em larga escala.

## 5. Conclusão

A tecnologia Blockchain integrada a contratos inteligentes tem o potencial de revolucionar o gerenciamento de construções, oferecendo benefícios significativos em termos de eficiência, transparência e segurança. Ao permitir a criação de um registro imutável e descentralizado de transações e dados, a tecnologia pode ajudar a melhorar a qualidade dos projetos, reduzir custos e prazos, melhorar a segurança dos dados e otimizar o gerenciamento da cadeia de suprimentos.

No entanto, a adoção bem-sucedida dessa tecnologia no gerenciamento de construções requer um planejamento cuidadoso, colaboração entre as partes interessadas e uma abordagem gradual e consciente para a adoção da tecnologia. É importante que as empresas e profissionais da indústria de construção estejam atentos às tendências e desenvolvimentos da tecnologia Blockchain, a fim de aproveitar ao máximo seu potencial. À medida que a tecnologia Blockchain e a integração de serviços aos contratos inteligentes se torne mais madura e amplamente adotada, é provável que novas soluções e inovações sejam desenvolvidas para enfrentar os desafios e limitações da tecnologia.

Portanto, a indústria de construção civil 4.0 deve estar aberta à mudança e à inovação, buscando soluções inovadoras para melhorar o gerenciamento de construções e garantir a qualidade dos projetos. Aqueles que abraçarem a tecnologia Blockchain integrada aos contratos inteligentes e adotarem uma abordagem colaborativa e consciente para sua implementação, terão a chance de liderar a transformação digital da indústria de construção civil 4.0 e estabelecer-se como líderes na era da construção inteligente e conectada.

## Referências

CELIK, Yasin; PETRI, Ioan; REZGUI, Yacine. **Integrating BIM and Blockchain across construction lifecycle and supply chains**. Computers in Industry, v. 148, p. 103886, 2023. ISSN 0166-3615. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103886. Acesso em: 03 abr. 2023.

DESEN KIRLI, et al. **Smart contracts in energy systems: A systematic review**

**of fundamental approaches and implementations**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 158, p. 112013, 2022. ISSN 1364-0321. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112013. Acesso em: 03 abr. 2023.

ELGHAISH, Faris et al. **Digitalised circular construction supply chain: An integrated BIM-Blockchain solution**. Automation in Construction, v. 148, p. 104746, 2023. ISSN 0926-5805. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104746. Acesso em: 04 abr. 2023.

HEWA, Tharaka; YLIANTTILA, Mika; LIYANAGE, Madhusanka. **Survey on blockchain based smart contracts: Applications, opportunities and challenges**. Journal of Network and Computer Applications, v. 177, p. 102857, 2021. ISSN 1084-8045. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102857. Acesso em: 02 abr. 2023.

KHATIBI, A. **Blockchain technology applications in real estate: a comprehensive review**. Journal of Real Estate Research, v. 40, n. 4, p. 493-527, 2020.

KOE, Arthur Sandor Voundi et al. **Hieraledger: Towards malicious gateways in appendable-block blockchain constructions for IoT**. Information Sciences, v. 632, p. 87-104, 2023. ISSN 0020-0255. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.02.077. Acesso em: 06 abr. 2023.

VACCA, Anna; DI SORBO, Andrea; VISAGGIO, Corrado A.; CANFORA, Gerardo. **A systematic literature review of blockchain and smart contract development: Techniques, tools, and open challenges**. Journal of Systems and Software, v. 174, p. 110891, 2021. ISSN 0164-1212. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110891. Acesso em: 03 abr. 2023.