



Industrialização, Digitalização,
Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e
Comunicação na Construção e 5º Workshop de
Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

1º DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PRELIMINAR DE CONTRATO INTELIGENTE PARA PAGAMENTO DE CONCRETO

Development of a preliminary prototype of a smart contract for payment of concrete

Matheus Gomes Martins

Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | matheusgm@ufba.br

Reymard Savio Sampaio de Melo

Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | reymard.savio@ufba.br

Shênio de Souza Alves

Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | shenioalves@ufba.br

Allan Victor Ribeiro de Souza

Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | allan.ferreira@ufba.br

Dayana Bastos Costa

Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | dayanabcosta@ufba.br

RESUMO

A indústria da construção civil enfrenta desafios nos pagamentos tradicionais de serviços ou insumos, incluindo falta de transparência, descumprimento contratual e dificuldade no rastreamento de serviços para pagamentos pontuais. Em relação ao pagamento pelo serviço de concretagem, observam-se dificuldades no rastreamento de informações inerentes ao processo, além de perdas de notas fiscais e atrasos na comunicação entre contratante e contratado, gerando conflitos entre os participantes. Diante disso, a utilização de contratos inteligentes, integrados ao Building Information Modeling (BIM) e à blockchain, oferecem uma solução eficiente para os problemas de pagamento na construção civil. Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho é propor uma versão preliminar de um protótipo de contrato inteligente com apoio de blockchain e BIM para o pagamento do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*. Para tal, a estratégia de pesquisa adotada foi a Design Science Research (DSR). O estudo apresenta os resultados da etapa de desenvolvimento da DSR na qual foi conduzido um estudo empírico em uma obra de uma empresa construtora para compreender o contexto do recebimento, pagamento e rastreabilidade do concreto. Como resultados desenvolveu-se uma versão preliminar do protótipo que está integrada ao modelo BIM da edificação.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção, Blockchain, Contratos Inteligentes, [Hyperledger Fabric](#), Pagamento.

ABSTRACT

The construction industry faces challenges in traditional payments for services or inputs, including lack of transparency, breach of contract, and difficulty tracking services for timely payments. Regarding payment for concreting services, difficulties are observed in tracking information inherent to the process, in addition to lost invoices and delays in communication between the contractor and the contractor, generating conflicts between the participants. Given this, smart contracts, integrated with Building Information Modeling (BIM) and blockchain, offer an efficient solution to payment problems in the construction industry. In this context, the main objective of this work is to propose a preliminary version of an innovative contract prototype supported by blockchain and BIM for the payment of the in-situ concrete wall system. To this end, the research strategy adopted was Design Science Research (DSR). The study presents the results of the DSR development stage. An empirical study was conducted at a construction company's site to understand the context of receipt, payment, and traceability of concrete. As a result, a preliminary version of the prototype was developed and integrated into the building's BIM model.

Keywords: Building Information Modeling, Blockchain, Smart Contracts, [Hyperledger Fabric](#), Payment.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas de pagamento no setor privado da construção civil geram impactos negativos e significativos, como atrasos, aumento de custos, queda no desempenho, disputas judiciais e até falências, comprometendo o sucesso dos empreendimentos (Sambasivan; Soon, 2007; Tran, 2012). Estudos indicam que falhas no pagamento estão entre as principais causas de disputas em obras, evidenciando a necessidade de melhores práticas financeiras e contratuais para mitigar esses riscos (Ramachandra; Rotimi, 2011; 2017).

¹MARTINS, M. G.; MELO, R. S. S.; ALVES, S. S.; SOUZA, A. V. R.; COSTA, D. B. Desenvolvimento de Protótipo Preliminar de Contrato Inteligente para Pagamento de Concreto. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2025.

No fornecimento de concreto para lajes e paredes em edificações de múltiplos pavimentos, a falta de rastreabilidade das informações sobre entrega, aplicação e possíveis falhas, aliada à comunicação ineficiente entre construtora, concreteira e laboratório de qualidade, é um fator crítico de conflitos. Essas dificuldades resultam, principalmente, em retrabalho, atrasos nos pagamentos e no cumprimento do cronograma da obra (Piccoli *et al.*, 2023).

Nos últimos anos, as tecnologias blockchain e contratos inteligentes integradas ao Building Information Modeling (BIM) têm ganhado destaque como uma alternativa inovadora para aprimorar o processo tradicional de pagamento por avanço de obras (Sonmez; Ahmadisheykhsarmast; Gungor, 2022). Estudos apontam que essas ferramentas possuem potencial para resguardar contratantes, subcontratados e fornecedores contra inadimplência ou atrasos nos pagamentos, conforme demonstrado por Cardeira, (2015), Wang *et al.* (2017), Mason, (2017), Sonmez e Ahmadisheykhsarmast, (2022).

Os contratos inteligentes são acordos auto executáveis que operam sem necessidade de intervenção humana, monitorando dados externos de fontes confiáveis para garantir sua execução conforme as condições previamente estabelecidas (Mason, 2017; Peters, Panayi; Chapelle, 2021).

No contexto do pagamento automatizado para paredes de concreto moldadas *in loco*, incluindo as lajes, o modelo BIM pode integrar informações detalhadas sobre prazos, custos e especificações técnicas do concreto. Esses dados são fundamentais para contratantes e contratados, proporcionando mais transparência e precisão ao processo. Para que essas informações sejam organizadas e gerenciadas de forma eficiente, especialmente em ambientes colaborativos e digitalizados, é necessário adotar diretrizes padronizadas.

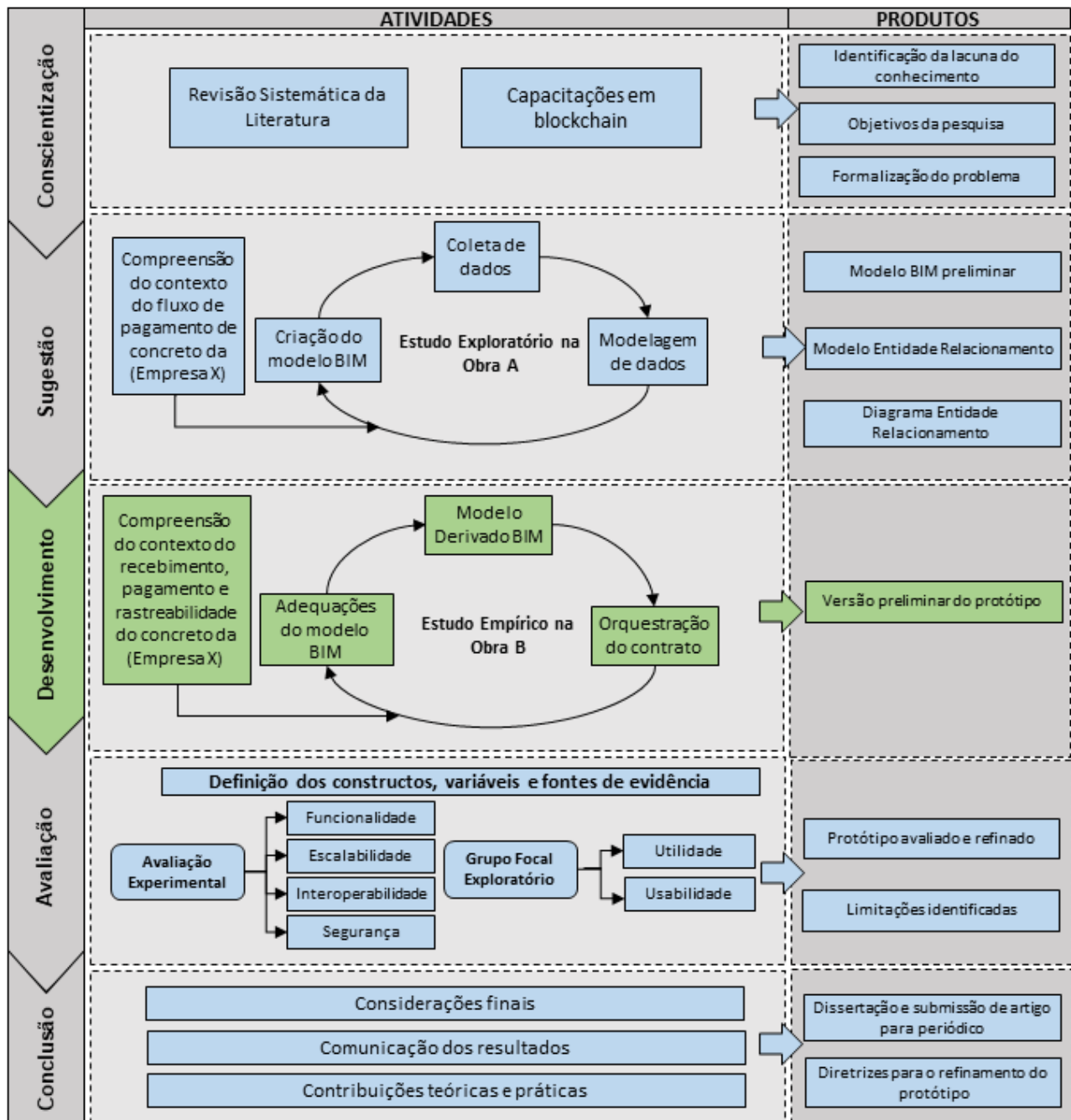
Alinhando-se a essa perspectiva, a norma ISO 19650-1:2018 estabelece as bases para a organização e digitalização das informações do modelo BIM, sistematizando a gestão da informação em ambientes colaborativos. Contudo, para atender à demanda por especificações mais precisas quanto à profundidade e qualidade das informações requeridas em cada etapa da construção, foi introduzida a ISO 7817-1:2024, que define o conceito do *Level of Information Need* (LOIN). Esta norma mais recente complementa e aprofunda as diretrizes da ISO 19650-1:2018 ao fornecer critérios objetivos para determinar quanto, quando e com qual detalhe a informação deve ser fornecida, promovendo maior consistência, interoperabilidade e alinhamento entre os agentes envolvidos nos empreendimentos (Dervishaj *et al.*, 2023)

A construção de uma rede blockchain envolve a criação de um modelo de entidade que analisa atributos, comportamentos e interações das entidades. O modelo de dados é utilizado para garantir rastreabilidade em cadeias de suprimentos, especialmente na indústria automotiva, abrangendo informações detalhadas sobre peças. Além disso, a modelagem de dados é uma etapa crucial em metodologias de pesquisa, seguindo a definição da arquitetura do sistema. Isso inclui o desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) para armazenar dados de transações fora da blockchain, como informações acadêmicas, com um esquema que define relacionamentos, campos e atributos (Liu, Yu; Zeng, Jufang, 2021; Suseno *et al.*, 2024).

Apesar dos avanços na integração entre BIM e blockchain para a automatização de pagamentos de insumos e serviços na construção civil, demonstrados em estudos como os de Elghaish *et al.* (2020), Hamledari e Fischer (2021), Elghaish *et al.* (2022) e Sonmez e Ahmadisheykhsarmast (2022). Ainda existem limitações, como a falta de modelagem de dados para contratos inteligentes, a complexidade do fluxo de pagamento do concreto, que envolve múltiplos setores e prazos. Além disso, a escassez de estudos aplicados no cenário real e a predominância de protótipos limitam a implementação prática da tecnologia. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é propor uma versão preliminar do protótipo de contrato inteligente denominado BIMLedger, com apoio da integração entre blockchain e BIM para o pagamento do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*.

Este trabalho adota como estratégia de pesquisa a *Design Science Research* (DSR), que visa estabelecer e operacionalizar pesquisas orientadas para a solução de problemas específicos (Dresch; Lacerda; Antunes, 2015). Além disso, este artigo propõe como artefato um método para pagamento do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* com apoio de BIM e blockchain. Este estudo apresenta os resultados da etapa de desenvolvimento de uma dissertação de mestrado, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Etapas do delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores, (2025)

Além disso, este estudo dá continuidade à pesquisa de Martins *et al.* (2024) que visa identificar lacunas na literatura referentes à integração de BIM e Blockchain. Além disso, propõe diretrizes para a modelagem de dados para auxiliar no desenvolvimento no protótipo de contrato inteligente voltado ao pagamento de concreto em sistemas de paredes moldadas *in loco*.

2.1 Modelagem de processos com BPMN

De acordo com o *Business Process Management Common Body of Knowledge* (2014), o *Business Process Management* (BPM) é uma abordagem voltada para a gestão de processos de negócio, enquanto o *Business Process Model and Notation* (BPMN) é uma notação gráfica utilizada para modelar fluxos de trabalho e processos organizacionais. Essa notação emprega símbolos padronizados, permitindo a criação de fluxogramas claros e compreensíveis. A revisão da literatura realizada por Kocbek *et al.* (2015) destaca que o BPMN é amplamente reconhecido como o padrão na modelagem de processos e que seu uso continua em expansão. No contexto do BPM, duas etapas são fundamentais: a representação do estado atual e a projeção do estado futuro dos processos de negócio.

A modelagem do estado atual, ou, em inglês, "AS-IS", tem o objetivo de compreender os processos existentes em uma organização, identificando falhas que comprometem a eficiência e oportunidades de aprimoramento. Já a modelagem do estado futuro, ou em inglês, "TO-BE", representa a versão idealizada do processo, incorporando melhorias e soluções para os problemas identificados. Essa abordagem visa eliminar atividades desnecessárias, aumentar a produtividade e fomentar a inovação. Os fluxogramas "AS-IS" e "TO-BE" são amplamente utilizados na otimização de processos, permitindo a comparação entre os modelos, a identificação de lacunas e fornecendo uma base estruturada para a implementação de mudanças.

2.2 Ferramentas utilizadas para desenvolvimento do protótipo

O (Quadro 1) apresenta uma síntese das ferramentas empregadas no desenvolvimento do protótipo, com o detalhamento da versão de cada uma, a empresa responsável por seu desenvolvimento e sua respectiva aplicação no processo.

Quadro 1: Resumo de ferramentas selecionadas para o protótipo

BLOCKCHAIN/BACK-END			
Ferramenta	Versão	Descrição da empresa desenvolvedora	Função
Hyperledger Fabric	v2.x	Linux Foundation, organização sem fins lucrativos voltada para o desenvolvimento tecnologias de código aberto	Plataforma blockchain utilizada para dar suporte ao back-end do protótipo
GoFabric	Assinatura Plus	GoLedger empresa especialista em Blockchain e contratos inteligentes sem código para empresas	Desenvolvimento do back-end do protótipo
MODELAGEM BIM			
Ferramenta	Versão	Descrição da empresa desenvolvedora	Função
AutoDesk Revit	2025.4	Autodesk, empresa que produz ferramentas para desenvolvimento de projetos nas áreas de engenharia	Desenvolver modelo BIM
Autodesk Plataform Services	-		Integrar, visualizar e manipular o modelo BIM na web
Virtual Studio Code	1.98.2	Microsoft empresa de tecnologia que desenvolve, fabrica, licencia softwares	Editar códigos-fonte da API do Autodesk Plataform Services
FRONT-END			
Ferramenta	Versão	Descrição da empresa desenvolvedora	Função
React.JS	-	Meta Platforms, conjunto de empresas de tecnologia e redes sociais	Desenvolvimento do front-end e validação dos dados do protótipo
HOSPEDAGEM EM NUVEM			
Ferramenta	Versão	Descrição da empresa desenvolvedora	Função
Vercel	-	Desenvolvida pelos próprios fundadores da plataforma	Hospedar na nuvem o front-end (interface web) do protótipo.
Render	-	Render Inc, empresa que oferece uma plataforma de computação em nuvem para desenvolvedores	Hospedar na nuvem a API do modelo BIM derivado.
Amazon AWS	Assinatura t2.micro	Amazon, empresa que oferece serviços de computação em nuvem e comércio eletrônico	Hospedar na nuvem o back-end desenvolvido pela GoFabric

Fonte: Os autores, (2025).

3 RESULTADOS

3.1 Estudo Empírico

Para tanto, foi realizado um estudo empírico único, no empreendimento com o intuito de acompanhar e mapear o recebimento, pagamento e rastreamento do concreto realizado pela Empresa X (será mantido o sigilo do nome da empresa do estudo do caso). Essa obra está localizada em Salvador, o canteiro de obras estudado possui uma área total de 24.204,23 m². O empreendimento é composto por 24 blocos, com 5 pavimentos cada, sendo que cada bloco tem 20 apartamentos com o total de 480 apartamentos.

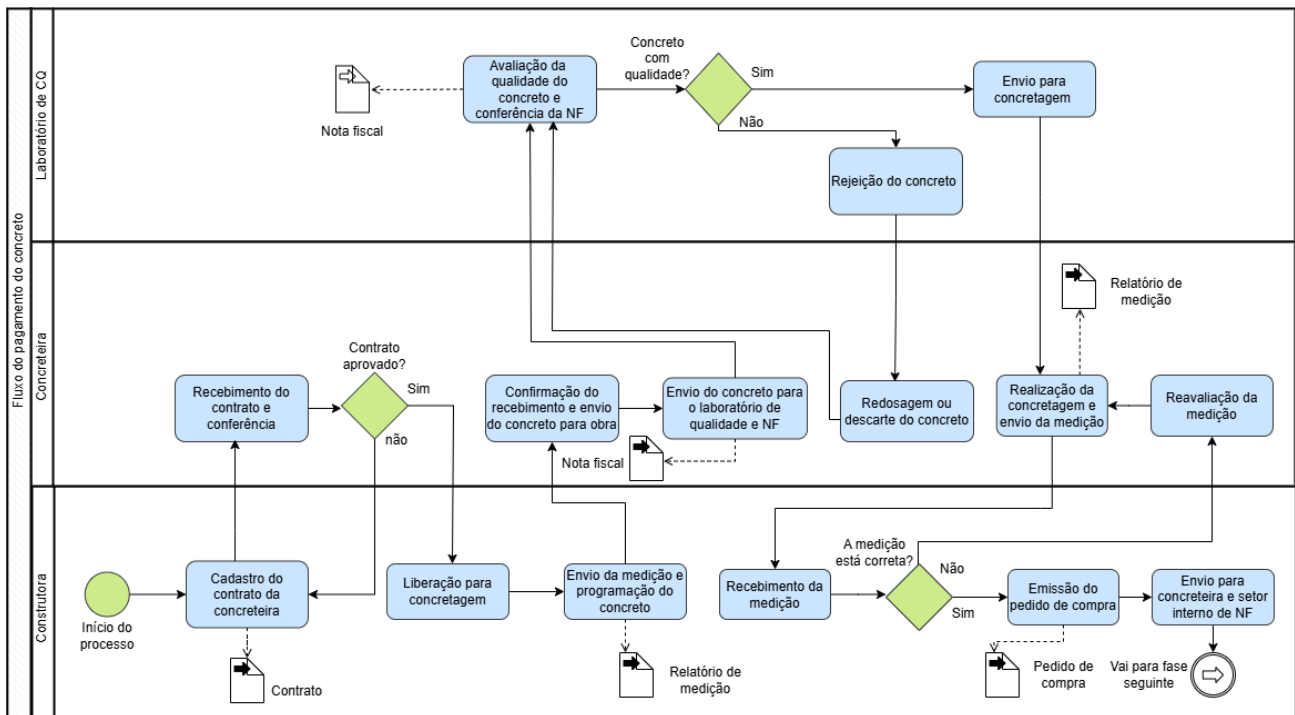
3.2 Compreensão do fluxo de recebimento ao pagamento de concreto

Primeiramente, foi realizada uma coleta de dados por meio de entrevistas, análise documental e observação direta para melhor compreensão do fluxo do pagamento do concreto. Em seguida, foi revisado o documento (Cartilha do fornecedor) da Empresa X, inicialmente estudado no estudo exploratório, que está situado na etapa de sugestão. O estudo exploratório teve como objetivo compreender como ocorre e quais são os participantes do fluxo de pagamento do concreto pela Empresa X. A coleta de dados e a revisão da Cartilha do fornecedor, ocorreu visando melhorar o entendimento das datas e formas de pagamento da nota fiscal do serviço para conduzir as entrevistas de forma mais eficiente. Além disso, foram analisadas as plantas baixas de um bloco visando compreender a disposição no pavimento das paredes e lajes do sistema de parede de concreto.

Neste estudo foram realizadas três entrevistas informais estruturadas com um analista de engenharia civil, uma analista de administração e um laboratorista. As entrevistas tiveram o objetivo de entender os detalhes do fluxo de pagamento considerando as perspectivas por parte do setor da engenharia, financeiro e do laboratório de qualidade.

Por fim, realizou-se uma observação direta no canteiro de obras, com duração média de duas horas, com o objetivo de analisar as etapas do processo de pagamento do concreto. Esse procedimento complementa o estudo de Piccoli *et al.* (2023), que delinea a visão futura do fluxo de liberação de pagamento de concreto na Empresa X. De acordo com a coleta de dados realizada no estudo empírico, foi desenvolvido um diagrama BPMN. O BPMN, conforme a (Figura 2) é uma atualização do fluxograma (AS-IS) do estado atual do fluxo de pagamento do concreto de Piccoli *et al.* (2023).

Figura 2: Diagrama BPMN (AS-IS) atualizado do fluxo de pagamento de concreto



Fonte: Os autores, (2025).

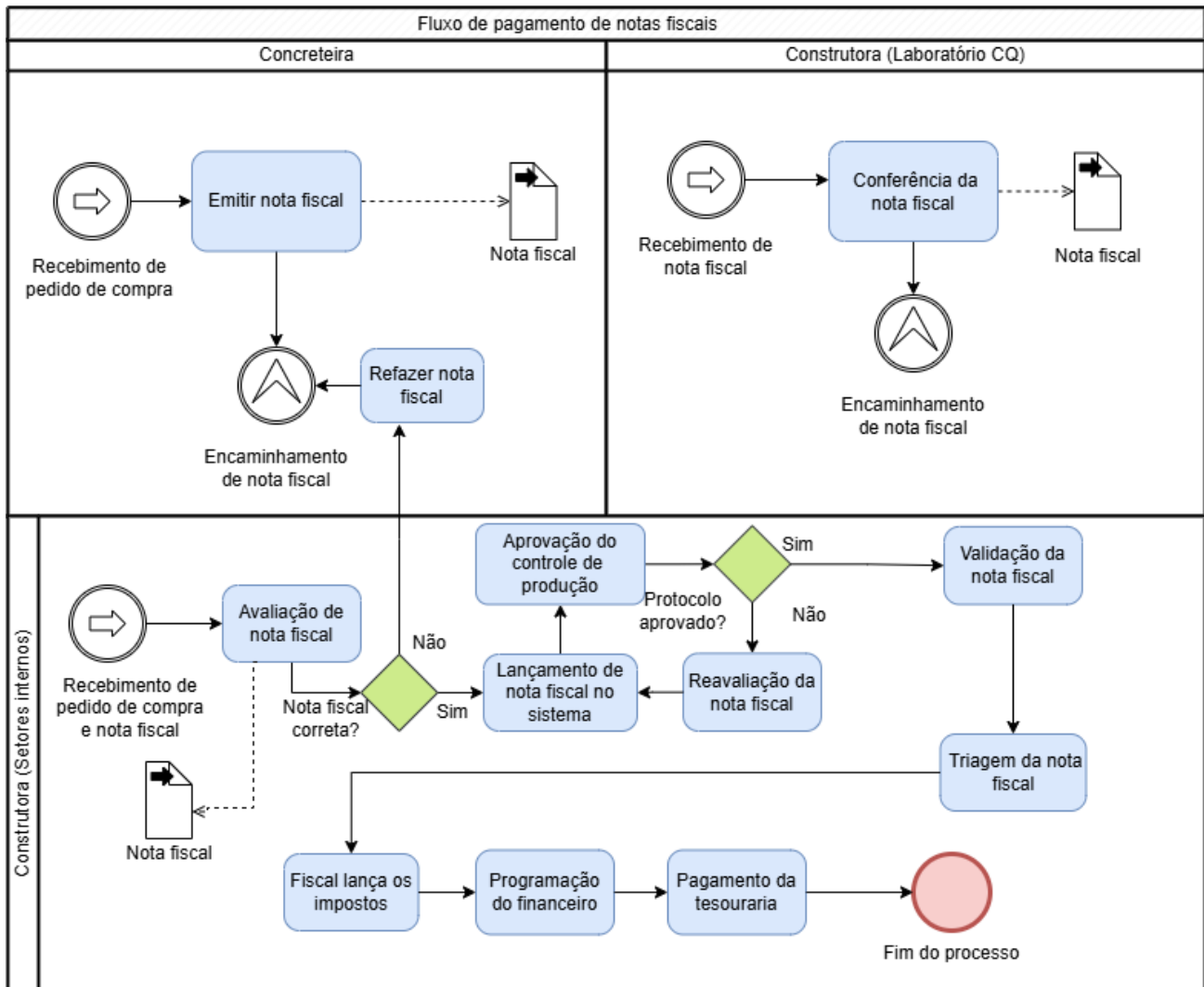
Após o processo supracitado, ocorre o fluxo para o pagamento da nota fiscal referente ao serviço executado pela concreteira. O diagrama BPMN, conforme a (Figura 3), é uma atualização do fluxograma (AS-IS) do estado atual do pagamento de notas fiscais do estudo de Piccoli *et al.* (2023). No BPMN estão presentes os três principais participantes do fluxo de pagamento, a construtora, o laboratório de qualidade que pertence a construtora que está localizado no canteiro da obra. Este processo é composto pelas seguintes atividades:

- A construtora solicita o concreto para a concreteira, em seguida é realizado o cadastro da concreteira e é gerado um contrato (documento);

- A concreteira recebe este contrato e realiza a conferência, caso o contrato não seja aprovado o documento é reenviado para construtora para correção;
- Após a aprovação do contrato, a concreteira é autorizada a enviar o concreto à obra por meio de um caminhão betoneira;
- A construtora envia a medição e especificação do concreto, em seguida é gerado um relatório de medição (documento);
- A concreteira envia o concreto juntamente com a nota fiscal para a obra, em seguida o caminhão betoneira ao entrar na obra passa pelo Laboratório de controle de qualidade;
- O Laboratório avalia a nota fiscal e realiza o *slump* teste do concreto, caso o concreto não atenda a qualidade ele é rejeitado pela construtora e devolvido para concreteira para redosagem ou descarte;
- Após a aprovação do concreto, o caminhão betoneira enviado pela concreteira se dirige ao local da concretagem. No local, o operador da concreteira realiza a operação de bombeamento, enquanto os funcionários da construtora executam o espalhamento do concreto nas formas. O mapeamento e o rastreamento do concreto são realizados por meio de uma plataforma específica da empresa construtora.
- Nesse mapeamento, são registrados os locais exatos onde cada caminhão betoneira lançou o concreto, incluindo informações como bloco, pavimento, parede, laje, valor do fck e o resultado do teste de abatimento (*slump* teste);
- A concreteira emite o relatório da medição da concretagem (documento) e envia para a construtora;
- A construtora avalia a medição, caso não esteja conforme, a medição é reenviada para a concreteira para que seja corrigida;
- Após a aprovação da medição é emitido o pedido de compra (documento);
- A construtora envia o pedido de compra para os setores internos.

Após o processo supracitado, ocorre o fluxo para o pagamento da nota fiscal referente ao serviço executado pela concreteira. O diagrama BPMN, conforme a (Figura 3).

Figura 3: Diagrama BPMN (AS-IS) atualizado do processo do pagamento da nota fiscal.



Fonte: Os autores, (2025).

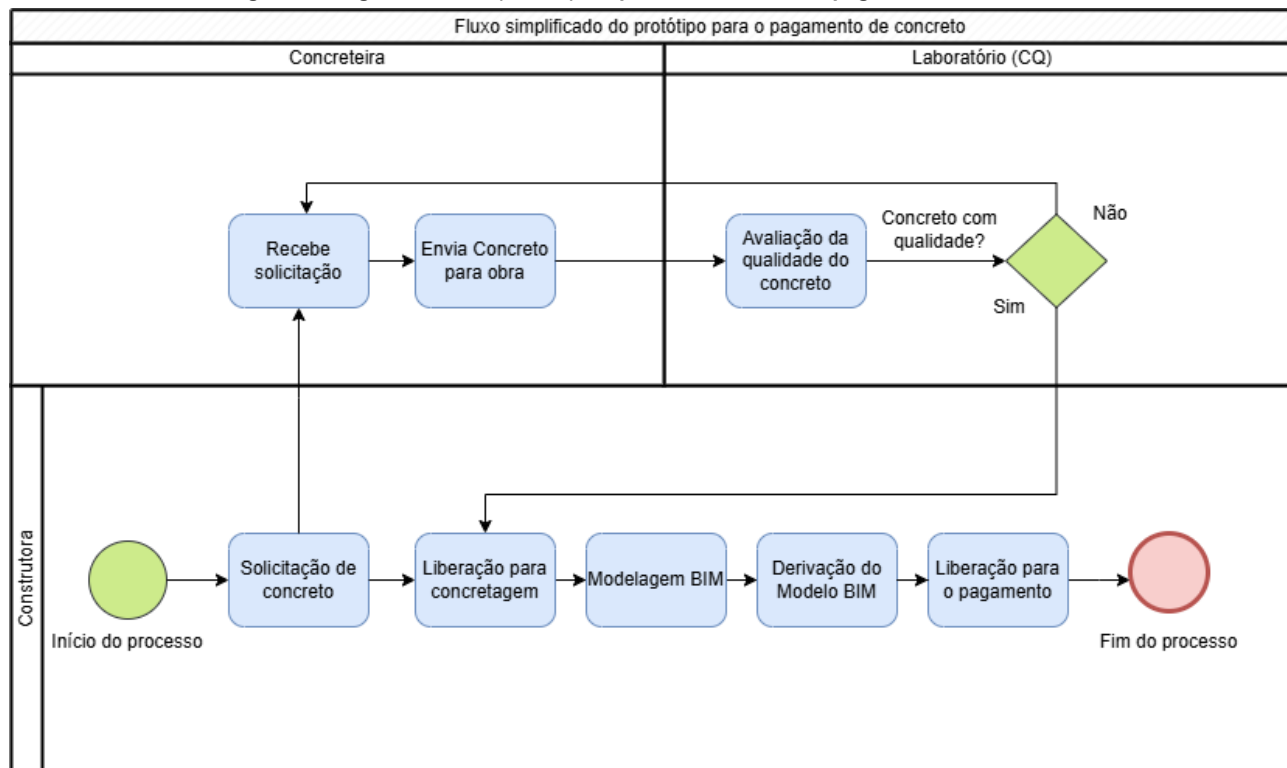
Este processo acontece da seguinte forma:

- A concreteira recebe o pedido de compra da construtora, emite a nota fiscal e encaminha para a construtora;
- O Laboratório também recebe a nota fiscal, este processo é o mesmo mencionado no mapa de processo do fluxo de pagamento do concreto da (Figura 3);
- Os setores internos da construtora recebem o pedido de compra e a nota fiscal;
- É realizada a avaliação da nota fiscal, caso a nota fiscal esteja com dados incorretos ela é enviada para a concreteira para correção;
- Após a aprovação a nota fiscal é lançada nos sistemas internos da construtora;
- A nota fiscal é avaliada pela produção, caso não seja aprovada, ela é revisada;
- Após a validação da nota fiscal, é realizada uma triagem por meio de sistemas internos;
- Um fiscal lança os impostos referentes a nota fiscal;
- A nota é programada para pagamento;
- O pagamento é feito para a concreteira.

Para o desenvolvimento do protótipo, foi necessário simplificar o fluxo de pagamento do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* da Empresa X para corresponder com o fluxo de pagamento que o contrato vai

ter como referência. Esta simplificação se deve ao elevado número de processos e setores envolvidos, além da quantidade de documentos gerados, o que tornou inviável a reprodução da rede blockchain exatamente como apresentado no Diagrama BPMN ilustrado na (Figura 2). O Diagrama BPMN do estado futuro (*TO-BE*) simplificado é ilustrado na (Figura 4).

Figura 4: Diagrama BPMN (*TO-BE*) simplificado do fluxo de pagamento do concreto.



Fonte: Os autores, (2025).

3.3 Orquestração do contrato inteligente

Os aspectos técnicos para o desenvolvimento do protótipo do contrato inteligente foram definidos, levando à escolha da blockchain Hyperledger Fabric (HLF). A HLF foi selecionada por ser uma rede permissionada que proporciona um alto nível de flexibilidade e confidencialidade em sua arquitetura e implementação. Para a criação da rede e a configuração dos requisitos do contrato inteligente, utilizou-se a plataforma *GoFabric* que funciona como o *back end* do protótipo. A GoLedger, empresa parceira desta pesquisa, disponibilizou acesso a *GoFabric* permitindo o desenvolvimento da estrutura de *back-end*.

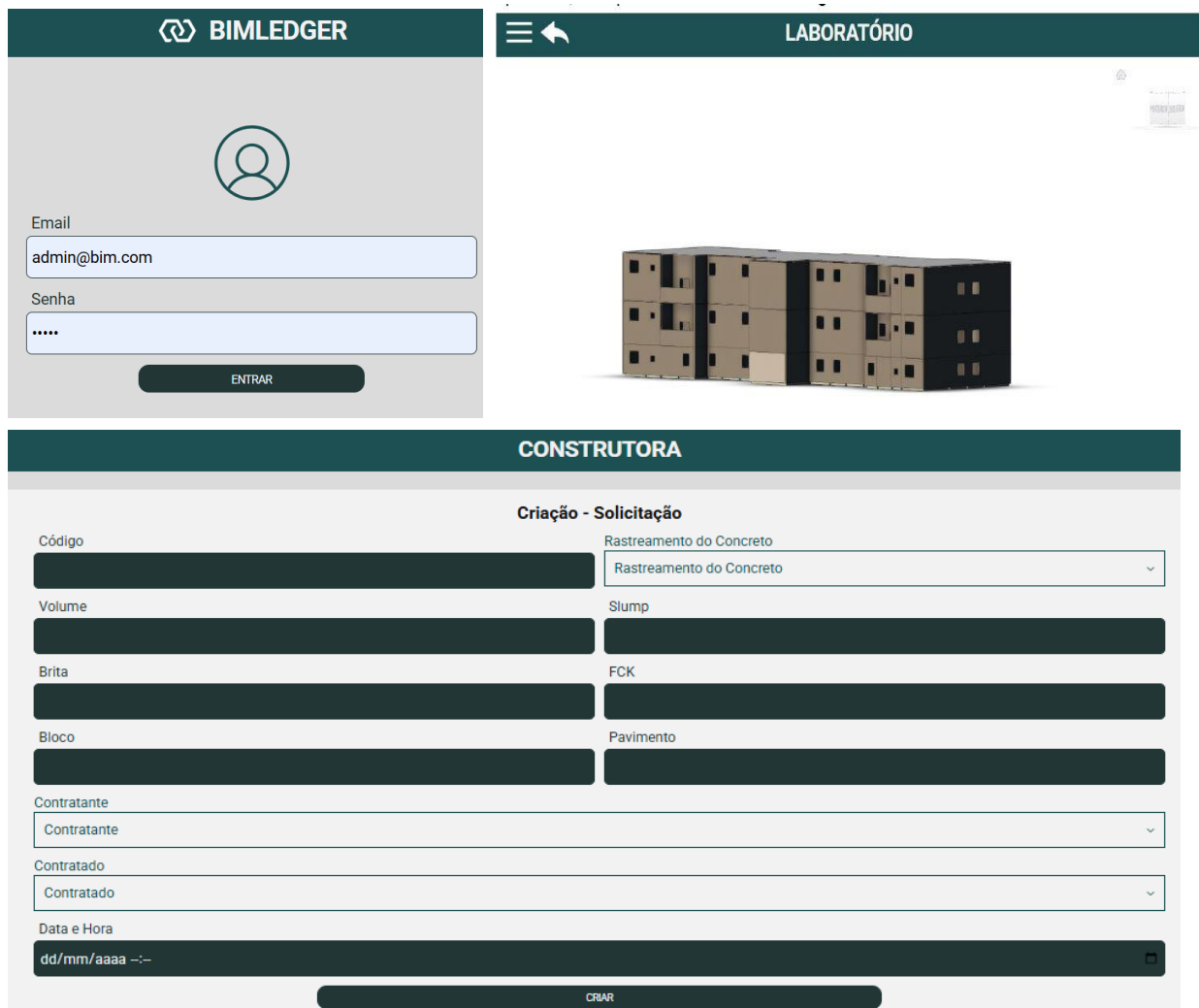
A *GoFabric* possibilita a orquestração do contrato diretamente da sua plataforma web sem a necessidade de instalação de outros softwares e programação do código fonte como é usualmente realizado para programação de um contrato inteligente. A orquestração de contrato inteligente é a coordenação das ações do contrato para garantir que os processos sigam uma sequência lógica e integrada, conforme regras definidas. O protótipo conta com três participantes: a construtora (contratante), a concreteira (contratada) e o laboratório de qualidade, que pertence à própria Empresa X e está localizado no canteiro de obras. Além disso, foi utilizado o servidor *Amazon Web Services* (AWS) para escalar o contrato na nuvem.

3.4 Validação e integração de dados no *front-end* com contrato inteligente

Para validar os dados inseridos no contrato, foi desenvolvida uma interface web amigável utilizando *React.JS* no *front-end*, conforme ilustrado na (Figura 6). Essa solução foi necessária devido à ausência de mecanismos de validação na plataforma GoFabric, que permite a inserção de valores inválidos ou inconsistentes. O *front-end* foi desenvolvido por uma empresa contratada em colaboração com os autores.

A interface foi integrada ao contrato inteligente com o objetivo de realizar a validação dos dados antes da sua efetiva submissão. Após a verificação, os dados validados são enviados ao contrato por meio de requisições, assegurando a integridade e a precisão das informações envolvidas no processo de negociação.

O *front-end* foi integrado ao contrato inteligente para permitir a validação dos dados antes de serem inseridos no contrato. Através de requisições, os dados validados são então inseridos no contrato, garantindo a integridade e precisão das informações no processo de negociação.



The image displays two screenshots of the BIMLEDGER user interface. The top screenshot shows a login page with a dark green header containing the BIMLEDGER logo and a 'LABORATÓRIO' title. Below the header is a user profile icon, an email input field with 'admin@bim.com', a password input field with masked characters, and an 'ENTRAR' button. The bottom screenshot shows a 'CONSTRUTORA' section with a 'Criação - Solicitação' form. The form includes fields for 'Código', 'Volume', 'Brita', 'Bloco', 'Contratante', 'Contratado', and 'Data e Hora'. It also features dropdown menus for 'Rastreamento do Concreto', 'Slump', 'FCK', and 'Pavimento'. A 'CRIAR' button is located at the bottom of the form.

Figura 6: Interfaces do usuário.

Fonte: Os autores, (2025).

3.5 Adequações do modelo BIM

Após a fase inicial de desenvolvimento dos modelos BIM no estudo exploratório, foram realizados ajustes e aprimoramentos significativos para garantir a fidelidade do modelo. As principais correções incluíram a inserção de vãos de janelas e portas, bem como a modelagem detalhada das varandas em cada pavimento. Outro avanço importante foi a integração dos pavimentos-tipo, que antes eram modelados separadamente. Essa unificação resultou em uma representação mais realista e precisa do sistema construtivo da edificação como ilustra a (Figura 6). Para o detalhamento das informações do modelo BIM, foi adotada a metodologia LOIN, conforme diretrizes da ISO 7817-1:2024 conforme ilustrado no (Quadro 2).

Informação	Categoria	Why (Propósito)	When (Marco de entrega)	Who (Fornecedor/Receptor)	What (Objeto/ Estrutura)
Dimensões (largura, altura, espessura, área)	Geométrica	Dimensionamento e Compatibilização de projeto	Projeto Executivo	Arquiteto/Engenheiro Estrutural	Parede e lajes/Vedações e coberturas por pavimento
Volume de concreto	Alfanumérica	Rastreamento do concreto	Execução	Concreteira/Gestor da obra	Paredes e lajes/Volume de concreto executado por elemento modelado
Localização do bloco no empreendimento	Alfanumérica	Rastreamento do concreto	Execução	Coordenação/Equipe de obra	Paredes e lajes/Bloco de referência para controle de execução e rastreamento
Localização do pavimento por edificação	Alfanumérica	Rastreamento do concreto	Execução	Coordenação/Equipe de obra	Paredes e lajes/Pavimento de referência para controle de execução e rastreamento
Especificações do concreto (traço, brita, fck)	Alfanumérica	Controle de qualidade do concreto	Execução	Gestor da obra/Concreteira	Paredes e lajes/ Especificações técnicas para controle de execução e rastreamento
Resultado do teste	Alfanumérica	Controle de qualidade do concreto	Execução	Laboratório/Gestor da obra	Paredes e lajes/ Controle tecnológico para execução e rastreamento

Quadro 2: Informações necessárias do modelo BIM.

Fonte: Os autores, (2025).

São inseridos parâmetros de identidade no modelo BIM, estes são chamados de (rastreamento) e (status), o rastreamento contém códigos referentes, ao número do pavimento, número do bloco, resistência característica do concreto à compressão (fck), volume do concreto, valor do *slump* teste, e o número da brita. O status informa se o pavimento foi concretado ou não.

3.6 Modelo BIM Derivado

O Autodesk *Platform Services* foi selecionado e está sendo testado para gerar e gerenciar o modelo derivado. Ela amplia funcionalidades de outros produtos da Autodesk ao permitir que sejam desenvolvidos aplicativos personalizados e fluxos de trabalho conectados a partir dos dados originais de um determinado projeto. Por meio de APIs, os usuários podem armazenar, visualizar, extrair e analisar dados do modelo BIM, desenvolvido no Revit 2025.

Dessa forma, usando as configurações do Revit foram inseridos no modelo BIM parâmetros de identidade necessários para o acompanhamento do progresso da concretagem. Esses parâmetros foram identificados por um código que conteve todas as informações mencionadas. Após a inserção dos parâmetros de identidade foi realizado o upload do RVT no Autodesk *Platform Services* para que o modelo esteja disponível localmente por meio da API da Autodesk. O *Visual Studio Code* 1.98.2 foi o editor de código-fonte utilizado para o desenvolvimento do modelo derivado. Foi utilizado o Vercel para disponibilizar o modelo derivado na *web*.

3.7 Integração BIM e Blockchain

A integração entre o modelo BIM e o protótipo foi realizada por meio da técnica de *web scraping* em português (Extração de dados da web) que acessa a página do modelo derivado disponível na web e analisa os dados extraídos. Esses dados, disponibilizados em formato JSON, contém informações cruciais para o fluxo de pagamento, como os parâmetros de identidade.

3.8 Versão preliminar do protótipo

As camadas que compõem o método de desenvolvimento do protótipo do contrato inteligente proposto estão ilustradas na (Figura 7). Cada camada representa uma etapa essencial no processo de construção do protótipo. O método é estruturado em quatro camadas principais: Blockchain, Modelagem BIM, Modelo BIM derivado e Integração entre BIM e Blockchain. Essas camadas representam, ao mesmo tempo, as tecnologias-chave envolvidas e os principais passos necessários para o desenvolvimento do protótipo.

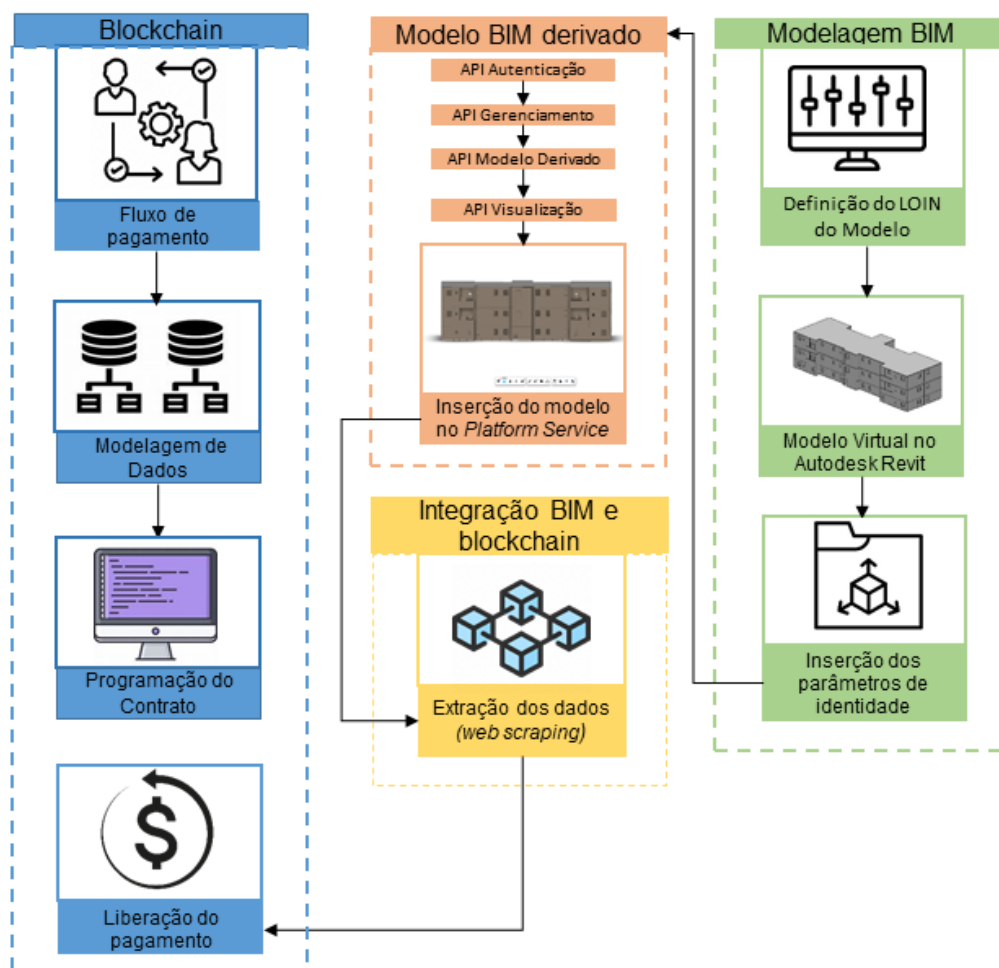


Figura 7: Camadas do método de desenvolvimento do protótipo.

Fonte: Os autores, (2025).

A seguir é descrito o funcionamento de cada camada:

- **Blockchain:** Antes de programar o contrato inteligente, foi essencial definir os integrantes envolvidos e mapear o fluxo do pagamento do concreto. Em seguida, realizou-se a modelagem dos dados, com a criação do Modelo Entidade-Relacionamento (MER) e do Diagrama Entidade-Relacionamento (DER), permitindo identificar os atributos, as relações entre as entidades e visualizar suas interações. Esse processo é fundamental para a orquestração eficiente do contrato. A arquitetura do

contrato foi desenvolvida na plataforma *GoFabric* que oferece uma interface *web* intuitiva, eliminando a necessidade de escrever código-fonte, como ocorre tradicionalmente no desenvolvimento de contratos para redes blockchain. Dentro da *GoFabric*, foram configuradas as principais organizações envolvidas (construtora, concreteira e laboratório de qualidade), as funções de cada uma e o tipo de produto negociado no contrato. Após a criação da arquitetura, a plataforma entra em um “estado de espera”, aguardando a confirmação do status no banco de dados para a liberação do pagamento.

- **Modelagem BIM:** Antes da modelagem, são definidas as especificações do nível de informação necessário para o modelo BIM. O modelo representa o avanço da concretagem do sistema de parede de concreto, incluindo apenas as paredes e lajes da edificação. No modelo BIM, são inseridos parâmetros de identidade, denominados "rastreamento" e "status". O parâmetro "rastreamento" armazena informações como número do pavimento, número do bloco, resistência característica do concreto à compressão (fck), volume de concreto, valor do *slump* teste e o tipo de brita utilizada. O parâmetro status indica a situação da concretagem, onde 0 representa "não concretado" e 1 indica "concretado". Somente após a concretagem (status = 1) o pagamento à concreteira é autorizado. É importante destacar, que um profissional da engenharia realiza uma inspeção manual em campo para verificar a concretagem da edificação. Com base nessa avaliação, o modelo é atualizado, juntamente com os parâmetros de identidade.
- **Modelo BIM derivado:** O Autodesk Platform Services foi utilizado para gerar o modelo derivado do BIM. Seus recursos, kits de ferramentas e APIs oferecem suporte ao desenvolvimento de extensões que conectam ambientes físicos e virtuais, permitindo o rastreamento de ativos, como fôrmas metálicas, ao longo do tempo. Além disso, a plataforma possibilita a incorporação de componentes dos produtos Autodesk em aplicativos móveis e web. O BIM no formato RVT foi carregado na Nuvem da Autodesk e passou a ser gerenciado por meio da API de Gerenciamento de Dados. Em seguida, utilizando uma API de Derivação do Modelo, o arquivo foi convertido para o formato SVF, necessário para o processo de renderização do Visualizador, que opera exclusivamente com esse tipo de arquivo. O Visualizador, componente final do Autodesk Platform Service, permite acessar visualizações em 2D e 3D, tanto localmente quanto na web, além de consultar as informações extraídas pela API de Derivação do Modelo. Inicialmente, a aplicação está sendo utilizada apenas de forma local no navegador.
- **Integração BIM e Blockchain:** A integração do modelo BIM derivado permite identificar, com base nos dados extraídos, se a concretagem foi realizada. Além de indicar o status da concretagem, o modelo funciona como um gatilho automatizado, acionando a simulação de pagamento assim que a execução for concluída. Essa simulação ocorre de forma automática dentro do contrato. Após a efetivação do pagamento, um comprovante é gerado pela construtora para a concreteira, podendo ser acessado em formato PDF via web. Esse processo aumenta a eficiência e a transparência do fluxo financeiro da obra.

4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo propôs uma versão preliminar de um protótipo de contrato inteligente que utiliza a tecnologia da blockchain Hyperledger Fabric orquestrada pela plataforma *GoFabric* integrada com um modelo BIM. Em pesquisas futuras, recomenda-se a avaliação do contrato por meio de testes laboratoriais e entrevistas com potenciais usuários. Adicionalmente, torna-se essencial o refinamento do protótipo, fundamentado nas avaliações conduzidas, a fim de otimizar sua eficiência e viabilizar sua implementação em um estudo de caso ou em uma aplicação real. Portanto, a referida integração potencializa a segurança das transações, aprimora a eficiência na gestão de contratos e rastreamento de dados através do modelo BIM, que assegura uma redução significativa dos erros humanos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor, ao CNPq pelo apoio financeiro para a contratação da empresa parceira e à GoLedger pela colaboração técnico-científica.

REFERÊNCIAS

Association of Business Process Professionals. ABPMP. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio – Corpo Comum de Conhecimento. BPM CBOK, vol. 3.0, 2014. 411 p.

CARDEIRA, Helder. Smart contracts and possible application to the construction industry, in: New Perspectives in Construction Law Conference, Bucharest, 2015, pp. 35–39. Disponível em: http://rscl.ro/wp-content/uploads/2016/06/06_Helder-Cardiera_red.pdf. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v5i1.8634540>.

DERVISHAJ, A. et al. Modelling Precast Concrete for a Circular Economy in the Built Environment: Level of Information Need guidelines for digital design and collaboration. In: ECAADE 41. Digital Design Reconsidered, v2, 2023

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES, Junico. Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268172679_Design_Science_Research_Metodo_de_Pesquisa_para_Avanco_da_Ciencia_e_Tecnologia. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi:10.13140/2.1.2264.2885

ELGHAISH, F. et al. Integrated project delivery with blockchain: An automated financial system. Automation in Construction, v. 114 jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103182>

ELGHAISH, F. et al. Financial management of construction projects: Hyperledger fabric and chaincode solutions. Automation in Construction, v. 137, mai. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104185>

HAMLEDARI, H.; FISCHER, M. Construction payment automation using blockchain-enabled smart contracts and robotic reality capture technologies. Automation in Construction, 2021. 132. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103926>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7817-1:2024 — Building information modelling — Level of information need — Part 1: Concepts and principles. Geneva: ISO, 2024. Acesso em: 26 mai. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19650-1:2018 — Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. Geneva: ISO, 2018. Acesso em: 26 mai. 2025.

KOCBEK, Mateja; JOST, Gregor; HERICKO, Marjan; POLANIC, Gregor. Business process model and notation: The Current State of Affairs. Computer Science and Information Systems, v.12, n. 2, 2015. p. 509–539. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277634419_Business_Process_Model_and_Notation_The_Current_State_of_Affairs. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi:10.2298/CSIS140610006K

LIU, Yu; ZENG, Jufang. Blockchain based Big Data Platform of City Brain. ICBCT '21: 2021 The 3rd International Conference on Blockchain Technology, Shanghai, China, March 26 - 28, 2021. p.82-89. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3460537.3460561>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.1145/3460537.3460561>.

MANZIONE, Leonardo. Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM. Tese de Doutorado. USP Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2013.325 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/pt-br.php>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.11606/T.3.2013.tde-08072014-124306>.

MARTINS, Matheus Gomes; SANTANA, Fernanda Diniz; ALMEIDA Bruna Caroline Silvio; MELO Reymard Savio Sampaio de. BIM e Blockchain: lacunas da literatura e regras de modelagem de dados para contrato inteligente. ENTAC Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. v. 20, 2024. p. 1–17. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6073>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.6073>.

MASON, Jim. Intelligent contracts and the construction industry. Journal off Legal Affair and Dispute Resolution in Engineering Construction. v.9, n.3, p. 21, 2017. ISSN 1943-4162. Disponível em: <https://uwe-repository.worktribe.com/output/882448/intelligent-contracts-and-the-construction-industry>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.000023](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.000023).

PAN, Xinchun; KHAN, Abdul; ELDIN, Sayed; ASLAM, Fahid; REHMAN, Sardar; JAMEEL, Mohammed. BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review. Ain Shams Engineering Journal, v. 15, n. 1, p. 102252, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447923001417?via%3Dihub>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102252>.

PETERS, Gareth; PANAYI, Efstathios; CHAPELLE, Ariane. Trends in cryptocurrencies and blockchain technologies: a monetary theory and regulation perspective. *Journal Financial Perspectives*. v.3 n. 3, 2021. p. 92-113. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2905135>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi:<https://doi.org/10.2139/ssrn.2646618>.

PICCOLI, Débora; TREBINO, Felipe; NASCIMENTO, Natan; MELO Reymard Savio Sampaio de; ALBERTE, Elaine. Proposta de automatização de pagamento do concreto de paredes moldadas in loco integrando BIM e Blockchain. *SBTIC Simpósio brasileiro de tecnologia da informação e comunicação na construção*. v. 4, p. 1-12, 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/2639>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.46421/sbtic.v4i00.2639>.

RAMACHANDRA, Thanuja; ROTIMI, James. Mitigating payment problems in the construction industry through analysis of construction payment disputes, *Journal off Legal Affair and Dispute Resolution in Engineering Construction*. v.9, n.3, p. 21, 2017. ISSN 1943-4170. Disponível em: https://www.academia.edu/23051436/Mitigating_Payment_Problems_in_the_Construction_Industry_through_Analysis_of_Construction_Payment_Disputes. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)la](https://doi.org/10.1061/(asce)la).

RAMACHANDRA, Thanuja; ROTIMI, James. The nature of payment problems in the New Zealand construction industry, Australia. *Journal Construction Economy and Building*. v. 11, n. 2, 2011. p. 22–33. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267940047_The_Nature_of_Payment_Problems_in_the_New_Zealand_Construction_Industry. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi:<https://doi.org/10.5130/ajceb.v11i2.2171>.

SAMBASIVAN, Murali; SOON, Yau Wen. Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. *International Journal Project Management*. v.25, n.5, 2007. p.517-526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786306001700?via%3Dihub>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.11.007>.

SONMEZ, Rifat; AHMADISHEYKHSARMAST, Salar; GÜNGÖR, Asli Akçamete. BIM integrated smart contract for construction project progress payment administration. *Automation in Construction*. v. 139, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580522001674>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104294>.

SUSENO, Taifiq Rizky Darmawan; AFRIANTO, Irawan; ATIN, Sufar. Strengthening data integrity in academic document recording with blockchain and InterPlanetary file system. *IJECE International Journal of Eletrical and Computer Engineering*. v. 14, n. 2, 2024. Disponível em: <https://ijece.iaescore.com/index.php/IJECE/article/view/33992>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi: <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i2.pp1759-1769>.

TRAN, H.; CARMICHAEL D.G. Contractor's financial estimation based on owner payment histories, *Int. Journal Organization Technology Management Construction*. v.4, n. 2, 2012. p.481–489, Disponível em: https://www.grad.hr/otmcj/clanci/vol4_is2/OTMC_4.pdf Acesso em: 26 mai. 2025. Doi:<https://doi.org/10.5592/otmcj.2012.2.4>.

WANG, Jun; WU, Pen; WANG, Xiangyu; SHOU, Wench. The outlook of blockchain technology for construction engineering management. *Frontiers of Engineering Management*. v.4, n.1, 2017. p.67. Disponível em: <https://journal.hep.com.cn/fem/EN/10.15302/J-FEM-2017006>. Acesso em: 11 mar. 2025. Doi:<https://doi.org/10.15302/J-FEM-2017006>.