

ADEMI BAHIA

ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

PRÊMIO ADEMI DE INOVAÇÃO ACADÊMICA 2023

E-BOOK
MELHORES TRABALHOS

EDITORIAL

Estamos vivendo um momento de profundas transformações e que nos leva a pensar os caminhos futuros que desejamos para nossa sociedade. Quando a ADEMI-BA criou em 2018 a categoria Inovação Acadêmica, trouxe para o Prêmio ADEMI-BA o olhar de quem já vive o amanhã. Criamos uma ponte entre tudo o que construímos e as evoluções e transformações que trazem as novas gerações.

Em sua 26ª edição, o Prêmio ADEMI-BA mostrou, mais uma vez, a importância de aproximar o mercado e a academia, revelando talentos nas áreas de Arquitetura, Urbanismo e Engenharia. Mais uma vez, o olhar jovem mostrou que está atento ao que o mundo e a sociedade precisam. Neste e-book, apresentamos os projetos de estudantes e seus orientadores, dando luz aos futuros profissionais do mercado imobiliário, promovendo o reconhecimento e visibilidade àqueles que trazem um novo olhar sobre o setor, agregando valores de sustentabilidade e inovação ao que vem sendo feito.

Congratulamos os estudantes Camila Varela (Arquitetura e Urbanismo) e Alisson Souza (Engenharia), e seus respectivos orientadores, Manoel Messias e Dayana Bastos, pelos trabalhos apresentados. Desejamos que esse e todos os projetos aqui publicados sirvam de inspiração para fomentar as boas práticas, ampliar a segurança e promover ainda mais qualidade para construtoras, incorporadoras e todas as pessoas que delas façam parte. Parabenizamos a todos os estudantes, corpo docente e instituições de ensino, que buscam a troca entre teoria e prática, conhecimento e experiência, contribuindo para o desenvolvimento e enriquecimento de todos os entes envolvidos. O Prêmio Inovação Acadêmica já faz parte da nossa história e continuará abrindo caminhos nas próximas edições. Esperamos vocês no 27º Prêmio ADEMI-BA!

Boa leitura!

Cláudio Cunha

Presidente da Ademi-BA

E-BOOK MELHORES TRABALHOS - COLETÂNEA

**PRÊMIO ADEMI
DE INOVAÇÃO
ACADÊMICA
2023**

SALVADOR - BAHIA
2023

Copyright © ADEMI-BA

Todos os direitos desta edição reservados.

Coordenação Editorial

Viviane Fonseca

Projeto Gráfico

Mandala Marketing

Foto Capa

Istock

Comissão Julgadora do Prêmio Ademi

Ana Gabriela Saraiva - Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Tatiana Dumet - Universidade Federal da Bahia - UFBA

Elton Góes - Faculdade de Tecnologia e Ciências - FTC

Carlos Bomfim - Faculdade de Tecnologia e Centro Universitário SENAI-CIMATEC

Júlia Neves - Universidade Católica de Salvador - UCSAL

Paula Erica Berton Lima - Universidade Salvador - UNIFACS

Ficha Catalográfica

Título: Prêmio Ademi de Inovação Acadêmica 2023.

Tipo de Suporte: E-book. Formato E-book: PDF, 2023.

124 páginas

ISBN: 978-65-999483-0-5

Prefixo Editorial: 999483

1. Coletânea - Autores diversos - 2. Teses de graduação e pós-graduação - Bahia

CDD 869.9

Brasil
Brazil

SUMÁRIO

PROJETOS-DESTAQUES

INSPEÇÃO AUTOMATIZADA DE FACHADA COM USO DE DRONE E APRENDIZADO DE MÁQUINA: AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO.....	7
Aluno: Alisson Souza	
Orientadora: Dayana Bastos Costa	
ESPAÇO CO.VIVER.NOVO MODELO DE MORADIA E DE COMPARTILHAMENTO EM SALVADOR	19
Aluna: Armando Levi Calheiros Andrade	
Orientador: Robério do Nascimento Coêlho	
MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO PROGRESSO E TERMINALIDADE DE ATIVIDADES INTERNAS E EXTERNAS DE OBRAS UTILIZANDO BIM, RPA E CÂMERA 360º	24
Aluna: Amanda da Silva Barbosa	
Orientadora: Dayana Bastos Costa	
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SISTEMA FV-SMART: INSPEÇÕES INTELIGENTES PARA ARMADURAS EM PEÇAS DE CONCRETO	38
Aluna: Brenda Kyssara do Rêgo Araújo	
Orientador: Reymard Sávio Sampaio de Melo	
APLICABILIDADE DE CONTRATO INTELIGENTE NO PAGAMENTO DO CONCRETO DE PAREDES MOLDADAS IN LOCO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO	49
Alunos: Débora Lins Piccoli e Felipe Soares Trebino	
Orientador: Reymard Sávio Sampaio de Melo	
GREEN CONSTRUCTION CHAIN: PLATAFORMA BLOCKCHAIN PARA A GESTÃO RESPONSÁVEL DE SUPRIMENTOS E RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO	59
Alunas: Gisele Teles e Milena Mota Costa	
Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte	
SIMESTATE: UMA PROPOSTA DE MODELAGEM BASEADA EM AGENTES PARA APOIO A ESTUDOS DE MERCADO IMOBILIÁRIO	72
Alunos: Guilherme dos Santos Bonfim e Gustavo do Amaral Pinto	
Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte	
UM ESPAÇO CULTURAL NO CENTRO ANTIGO DE SALVADOR.....	85
Aluno: Guilherme de Castro Fortuna	
Orientador: Manoel Messias Teixeira Junior	
AGENT-BASED SAFETY: MODELO BASEADO EM AGENTES PARA GESTÃO DA SEGURANÇA EM CANTEIROS DE OBRAS.....	99
Alunos: Vanessa Cruz Pacheco e Márcio Costa Barros Júnior	
Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte	
CIRCULAR BUILDING CHAIN: BIM E TECNOLOGIA BLOCKCHAIN PARA GESTÃO DA EDIFICAÇÃO COMO UM BANCO DE MATERIAIS	111
Aluno: Rafael Otavio Araujo Santos	
Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte	



PROJETO DESTAQUE

INSPEÇÃO AUTOMATIZADA DE FACHADA COM USO DE DRONE E APRENDIZADO DE MÁQUINA: AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO

Aluno: Alisson Souza
Orientadora: Dayana Bastos Costa



RESUMO

Os drones e os subconjuntos de Inteligência Artificial (IA) como o Aprendizado de Máquina (AM), do inglês Machine Learning (ML), vêm sendo frequentemente utilizados para identificar manifestações patológicas de fachadas durante a fase de uso e operação. No entanto, a maioria das manifestações patológicas de fachada surge ainda na fase de execução dos edifícios e pode ser evitada com um sistema de controle de qualidade ativo e eficiente. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a implementação de um método de inspeção automatizado utilizando drone e AM durante a execução de edificações, visando dar suporte ao sistema de gestão da qualidade. A estratégia de pesquisa adotada foi a Design Science Research, sendo o foco deste artigo a etapa de avaliação da implementação do método de inspeção automatizada no processo de controle de qualidade. A análise das entrevistas mostrou que o método pode subsidiar a tomada de decisão sobre o processo de controle de qualidade, informações de forma rápida e ágil para os gestores. Além disso, o uso de drone e AM contribuiu para o aumento da transparência do processo de inspeção. Mais estudos são necessários para automatizar totalmente o fluxo de inspeção, incluindo a geração automática de relatórios e indicadores de não conformidades para auxiliar a tomada de decisão da gestão da qualidade.

1. INTRODUÇÃO

A fachada é considerada o subsistema construtivo mais exposto às condições ambientais externas de uma edificação, devido à sua inércia desfavorável e à espessura fina. Além disso, a fachada recebe todo o ciclo higrotérmico diretamente, causando sua deterioração e levando a redução de desempenho do edifício (LIU; YEOH; CHUA, 2020). Devido à sua importância para a edificação, a inspeção periódica e a manutenção preventiva são atividades essenciais para garantir a integridade física do edifício (JUNIOR; LIMA; BALESTRA, 2013).

Nesse contexto, a manutenção preventiva evita que as manifestações patológicas se propaguem, comprometendo o desempenho da edificação. Além disso, alguns estudos apontam que as manifestações patológicas podem surgir ainda durante a etapa de execução e são causadas, principalmente, devido à falta de controle da qualidade eficiente (SOUZA; RIPPER, 2009; MÉSZÁROSOVÁ et al., 2015). No entanto, as inspeções, principalmente as manuais e visuais, apresentam desafios para sua realização como a extensão da fachada, a altura dos edifícios e as condições de insegurança para que o inspetor seja capaz de identificar os defeitos existentes (JUCÁ; OLIVEIRA; ZANONI, 2022). Além disso, alguns pesquisadores apontam que esse tipo de inspeção é considerado uma atividade lenta, trabalhosa e cara (DAIS et al., 2021).

Portanto, para superar tais limitações, Kumarapu, Shashi e Keesara (2021) apontam que o uso de tecnologias digitais pode auxiliar os profissionais na tomada de decisão, automatizando essa atividade, tornando-a mais ágil, segura, confiável e eficaz. Entretanto, alguns estudos sobre inspeções automatizadas de fachadas foram identificados na literatura usando drones e algoritmos de aprendizado de máquina, para inspecionar fachadas de revestimentos cerâmicos (BAUER et al., 2016; GARRIDO et al., 2022), fachadas com revestimento de pedras naturais (DAIS; FLORES-COLEN; SILVA, 2021), fachadas de vidro (BOWMAN et al., 2021), fachadas rebocadas e pintadas (GUO; WANG; LI, 2021) e inspeção do deslocamento de objetos em fachadas (CHEW, 2021). Entretanto, nenhum dos trabalhos encontrados na literatura investigou anomalias em paredes de concreto moldadas in loco. Além disso, Silva e Costa (2022) realizaram uma Revisão Sistemática da Literatura em que todos os estudos analisados foram desenvolvidos em edificações durante a fase de uso e operação, observando a necessidade de pesquisas durante a etapa de execução, já que muitas manifestações patológicas surgem nessa fase. Além disso, tais autores apontam que incorporar as informações das inspeções automatizadas ao sistema de gestão da qualidade durante a execução pode trazer maior agilidade, eficácia e segurança. Diante disso, este estudo busca avaliar a implementação do uso de drones e algoritmos de aprendizado de máquina para automatizar as inspeções de fachadas de concreto moldadas in loco durante a execução, apoiando o processo de controle da qualidade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Com a constante demanda pela automatização de processos nos últimos anos, tem havido um crescente interesse na aplicação de drones e algoritmos de Inteligência Artificial (IA) no âmbito da construção civil (DAIS; FLORES-COLEN; SILVA, 2021). Nesse contexto, os drones têm se tornado ferramentas populares, conhecidos por seus movimentos versáteis e capacidade de explorar o ambiente construído, os drones estão sendo cada vez mais implementados em diversos fins como monitoramento do progresso de obras (ÁLVARES; COSTA, 2019; PURI; TURKAN, 2020), inspeção da integridade de estradas e pavimentos (HAN et al., 2021), inspeção de pontes (LIU et al., 2020; JALINOOS et al., 2020; RUGGIERI et al., 2023), inspeções de telhados (SILVEIRA et al., 2021; COSTA et al., 2023; SANTOS et al., 2023), inspeção de segurança no canteiro de obras (MELO et al., 2017; MARTINEZ et al., 2020, REY et al., 2021), inspeções de monumentos históricos (YUSOF; AHMAD; ABDULLAH, 2020) e inspeção de fachadas (MIRZABEIGI; RAZKENARI, 2022; GIL-DOCAMPO et al., 2023).

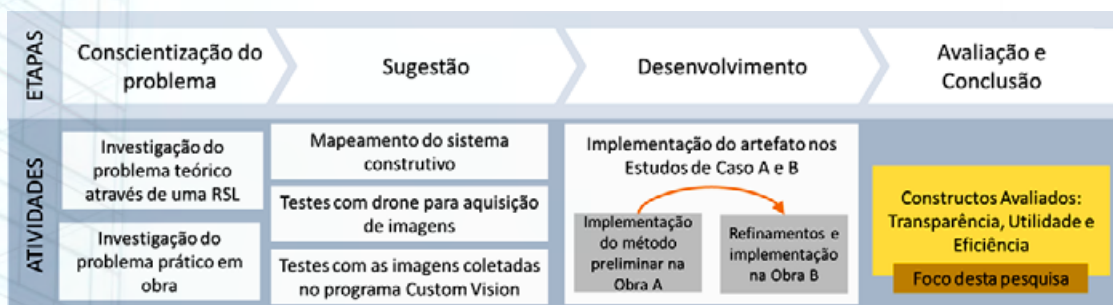
Além dos drones, os subconjuntos de IA como o Aprendizado de Máquina (AM) e Aprendizado Profundo vêm sendo utilizados para resolver problemas durante o gerenciamento de construções (SOMAN; MOLINA-SOLANA, 2022; YANG et al., 2023), monitoramento da saúde estrutural (SOFI et al., 2022; ABBAS et al., 2023; BELDING; ENSHAEIAN; RIZZO, 2023), monitoramento e melhoria da segurança na construção e dos trabalhadores (LIU et al., 2022; LEE; LEE, 2023). Nesse contexto, o AM é um ramo da ciência da computação e um subconjunto da IA que, por meio de experiências anteriores e através de treinamento de máquina, é capaz de aprender a reconhecer padrões (SINGH et al., 2020). O objetivo do AM é aprender com dados fornecidos de experiências antecessoras a fim de se extrair informações sobre o processo analisado, apoiando profissionais na automatização de atividades manuais e humanas (MAHESH, 2019; SINGH et al., 2020).

3. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada por este trabalho foi a Design Science Research (DSR) por ser um método investigativo que procura desenvolver e planejar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas ou, ainda, criar novos artefatos que contribuam para melhorar a atuação humana, seja na sociedade ou nas organizações (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015).

Diante disso, o problema prático que buscamos resolver neste trabalho é automatizar as atividades de inspeções de fachadas, usando drones e algoritmos de Aprendizado de Máquina (AM) para melhorar o sistema de gestão da qualidade quanto a identificação e mapeamento de falhas e manifestações patológicas em paredes de concreto moldada in loco. A pesquisa foi conduzida em quatro etapas (Figura 1). Este artigo apresenta a etapa de avaliação, com foco na implementação do método, conforme apresentado na Figura 1.

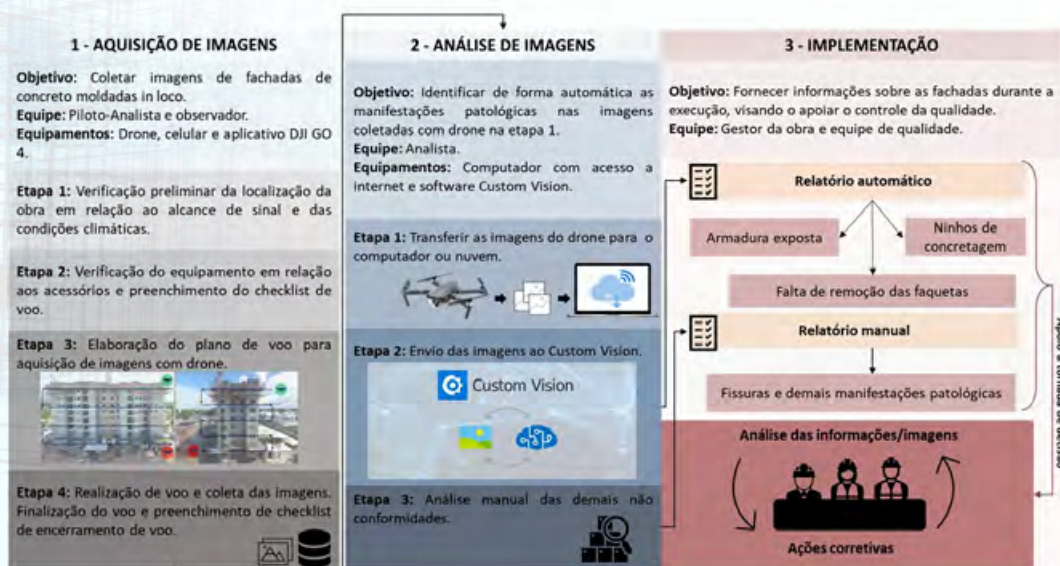
Figura 1 – Delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores

O método proposto compreende três etapas principais, sendo: (1) Aquisição de imagens de fachadas de paredes de concreto moldadas in loco, durante a execução, com uso de drone; (2) Análise manual das imagens coletadas pelo drone e treinamento de algoritmos de AM para reconhecimento automatizado de falhas e manifestações patológicas, usando o software Custom Vision; e por fim (3) Implementação das informações oriundas das inspeções no sistema de gestão da qualidade de obras, conforme descrito na Figura 2.

Figura 2 – Método proposto



Fonte: Os autores

O estudo foi realizado em duas obras da Empresa X, denominadas Obra A e B, ambas localizadas na região metropolitana de Salvador-BA. Todas as obras são compostas por torres verticais e utilizam sistema construtivo em paredes de concreto moldadas in loco, executado por meio do uso de formas de alumínio. A Obra A é composta por quatro torres e a Obra B é composta por três torres e, dessas, apenas cinco torres fizeram parte do escopo deste trabalho, por se tratar de obras em execução, na qual as duas últimas torres da Obra B ainda não iniciaram a execução.

Dessa forma, a aquisição de imagens foi realizada com drones do tipo quadricóptero (DJI Phantom 4 e DJI Air 2S). No total, foram realizadas 15 visitas distribuídas entre as duas obras, que se iniciaram em junho de 2022 e finalizaram em janeiro de 2023. A partir dessas visitas, foram coletadas 1725 imagens, das quais foram analisadas manualmente e classificadas apenas as imagens que continham alguma das falhas ou manifestações patológicas pertencentes ao escopo deste estudo. Diante disso, foram levantadas 720 imagens com falhas e manifestações patológicas em fachadas de paredes de concreto. As imagens foram coletadas a partir de dois voos em cada torre, coletando imagens de duas fachadas por voo, seguindo o plano de voo apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Trajetória de voo nas fachadas



Fonte: Os autores

Após a aquisição das imagens, foi realizada uma análise manual buscando identificar quais falhas e manifestações patológicas existentes nas imagens coletadas. A partir das imagens com essas anomalias, foi realizado o treinamento dos algoritmos de AM para reconhecimento automatizado. A partir dos treinamentos, foram realizados alguns testes com as imagens, mas o modelo ainda apresentou dificuldade no reconhecimento automatizado das não conformidades, fazendo com que o modelo criado no Custom Vision passasse por mais treinamentos, com a inserção de novas imagens dos problemas selecionados.

Por conta disso, a partir da análise manual, as informações foram disponibilizadas para os gestores das obras por meio de relatórios, elaborados de forma manual, descrevendo quais foram as anomalias encontradas nas fachadas, bem como a quantidade e localização específica de cada uma delas (Figura 4). Além do envio das imagens coletadas pelos drones e dos relatórios, a cada inspeção foram entregues planos de ação para subsidiar a tomada de decisão em relação às ações corretivas e preventivas.

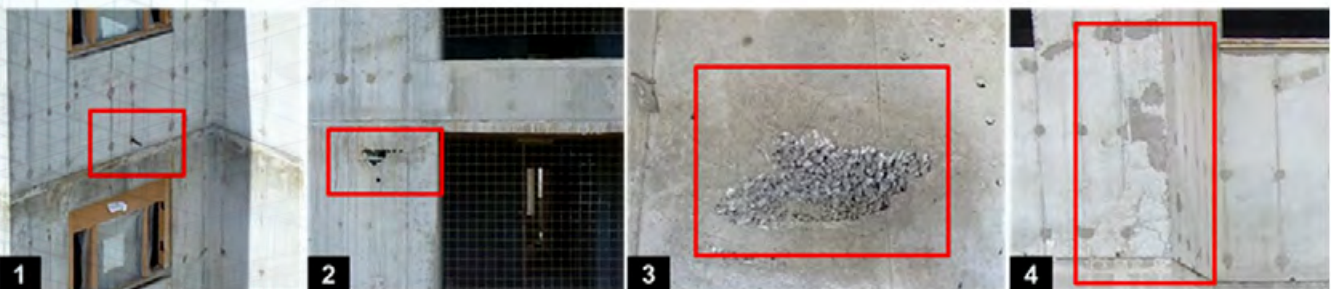
Figura 4 – Relatórios entregues aos gestores



Fonte: Os autores

Os relatórios apresentaram um percentual quantitativo das falhas e manifestações patológicas identificadas durante as inspeções. Além disso, foi realizada a marcação dessas anomalias em uma foto da fachada total, chamada de overview. Essa marcação manual buscou subsidiar os gestores na localização de cada anomalia identificada, facilitando as atividades de tratamento e reparo. Além disso, este estudo buscou identificar uma falha construtiva e três manifestações patológicas, definidas a partir de uma entrevista inicial com os gestores da Empresa X. Sendo assim, a falha construtiva compreende na falta de remoção das faquetas utilizadas para travamento das formas das paredes de concreto e as manifestações patológicas compreendem em armadura exposta, ninhos de concretagem e fissuras (Figura 5).

Figura 5 – Falhas construtivas e manifestações patológicas identificadas no estudo



Fonte: Os autores

A partir das inspeções e dos produtos entregues à obra, foram realizadas entrevistas com os gestores das obras A e B para avaliação da implementação. As avaliações foram baseadas em construtos e variáveis. Os construtos avaliados foram Transparência a partir da variável: Contribuição para o compartilhamento de informações entre equipes de qualidade e tratamento de não conformidades, e Utilidade a partir da variável: Contribuição para a melhoria do controle de qualidade. As avaliações aconteceram por meio de entrevistas com cinco profissionais da Empresa X, sendo dois Engenheiros de Produção Civil (ECP), dois Engenheiros Analista Civis (ECA) e um Estagiário de Engenharia Civil (EEC) responsável pelo controle de qualidade durante a execução das fachadas de parede de concreto. Os profissionais entrevistados possuem entre 3 e 12 anos de experiência na construção civil e entre 7 meses e 4 anos no cargo atual.

¹Overview é uma imagem distante do objeto estudado, fazendo uma cobertura total da fachada.

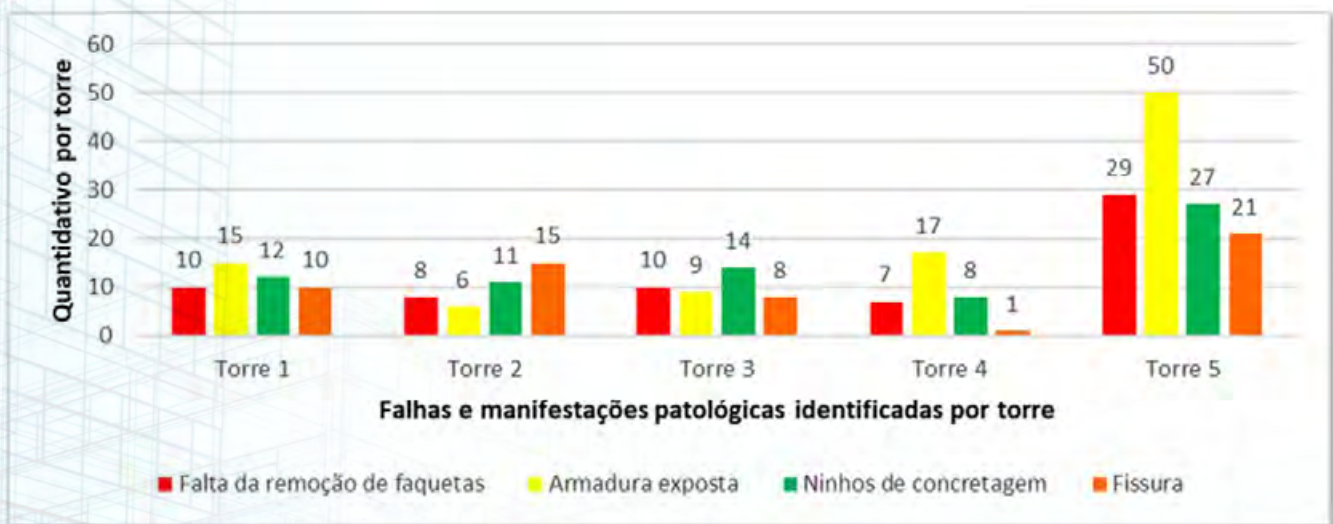
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos durante as visitas e inspeções nas obras da Empresa X, bem como da avaliação do método proposto através da percepção dos gestores e profissionais da mesma empresa.

4.1 RESULTADOS DAS INSPEÇÕES DE FACHADA

Durante o estudo foram inspecionadas cinco torres, distribuídas em duas obras, sendo quatro torres da Obra A e uma da Obra B. Ressalta-se que as demais torres da Obra B não foram inspecionadas pois a execução não havia sido iniciada. Portanto, foram levantados em todas as inspeções 64 falhas construtivas e 224 manifestações patológicas, conforme descrito na Figura 6. Todas essas informações foram enviadas aos gestores ao longo das inspeções, através dos relatórios, e fizeram parte da implementação do método.

Figura 6 - Falhas construtivas e manifestações patológicas identificadas no estudo



Fonte: Os autores

4.2 Avaliação do método proposto

A avaliação da implementação do método está pautada nos constructos Transparência e Utilidade.

Constructo Transparência

Em relação à Transparência, os entrevistados avaliaram de uma forma geral que as informações fornecidas no relatório e plano ação contribuíram bastante para o aumento da transparência no processo de execução e tratamento das fachadas de paredes de concreto moldadas in loco, principalmente, apoiando o controle da qualidade em relação ao que fazer e de como fazer, conforme apresentado no plano de ação. Para a Estagiária de Engenharia Civil - EEC, essas informações podem ser acessadas e entendidas por todos da engenharia, influenciando na agilidade e rendimento desse

serviço de inspeção. Além disso, os entrevistados consideraram que as informações presentes no relatório eram de fácil entendimento, auxiliando-os na identificação das manifestações patológicas nas fachadas, indicando como nível de entendimento “alto” e “muito alto” para todos os itens avaliados (Quadro 1).

Quadro 1 – Avaliação dos entrevistados com base no constructo Transparência

UTILIDADE					
Variáveis			Nível de percepção		
Produtos implementados	Muito baixo	Baixo	Indiferente	Alto	Muito Alto
Ficha de inspeção por fachada				ECP2, EEC	ECP1, ECA1, ECA2
Gráfico de incidência de manifestação patológica por fachada				EEC, ECP2, ECA	ECA, ECP1
Mapeamento das manifestações patológicas nas imagens por fachada				ECP1, EEC, ECP2, ECA2	ECA1
Plano de ação				EEC	ECP1, ECP2, ECA1, ECA2

Fonte: Os autores

Além disso, as imagens coletadas em obra foram utilizadas no Estudo de Caso C para mapeamento das fissuras na parte externa da edificação, ou seja, nas fachadas. Esse serviço acontecia apenas na parte interna, pois a responsável por essa atividade não conseguia realizar a atividade na parte interna e externa a tempo de a plataforma de serviço estar no andar concretado. Além disso, só era realizado o mapeamento das fissuras e a partir desse estudo outras manifestações patológicas podem ser incluídas nesse mapeamento, como é o caso das armaduras expostas, ninhos de concretagem e falta de remoção das faquetas.

Foi perguntado aos entrevistados qual falha ou manifestação patológica é mais relevante de serem identificadas e tratadas. Para a EEC, todas são fundamentais, já que se trata de falhas que causaram manifestações patológicas. Para o ECP e ECA da obra B, todas são relevantes, mas as armaduras expostas apresentam maiores problemas para a edificação, já que interfere no desempenho estrutural das fachadas de paredes de concreto. Já para a ECP e ECA, as fissuras são as manifestações patológicas mais relevantes, já que elas podem surgir logo após a concretagem e podem facilitar a entrada de vários agentes agressivos para a estrutura, além de vários outros problemas.

Em relação às melhorias na estruturação das informações presentes no relatório de forma a melhorar a transparência, foram sugeridas pelos entrevistados que, em relação às fissuras, fossem indicadas a orientação que as manifestações se encontram. Além disso, em relação aos ninhos de concretagem e armadura exposta, foi destacada a necessidade de especificar a área dessas não conformidades para facilitar o tratamento delas, auxiliando os profissionais na quantidade de material a ser utilizado.

Constructo Utilidade

Em relação às práticas implementadas para apoio à gestão da qualidade na obra, os entrevistados apontaram que os relatórios foram úteis para várias práticas, como o auxílio para preenchimento da Ficha de Verificação de Serviço (FVS) de controle da qualidade durante a execução das fachadas,

para identificação e mapeamento das não conformidades, para auxílio na tomada de decisão em tempo hábil para intervenção e para o acompanhamento do tratamento das não conformidades. Em relação a essas práticas, os entrevistados avaliaram o nível de utilidade como “alto” e “muito alto”, exceto para o item “auxílio no preenchimento da FVS”, pois segundo o ECA1, independentemente do relatório, essa atividade deve ser realizada (Quadro 2).

Além disso, é possível observar no Quadro 2 que, em relação ao acompanhamento do tratamento das não conformidades, o entrevistado ECA1 apontou que a utilidade do relatório é baixa, pois o tratamento das fachadas nessa obra foi realizado somente no final da execução, por uma empresa terceirizada e, devido à falta de mão de obra interna, essa inspeção após o tratamento não era realizada. Já os entrevistados ECP2 e ECA2 apontaram a utilidade do relatório como indiferente devido a não realizarem essa atividade após o tratamento. Ou seja, os problemas foram apontados, mas necessitam de mão de obra para acompanhar o tratamento dessas anomalias apoiando o controle da qualidade na execução e entrega desse produto.

Quadro 2 - Avaliações dos entrevistados com base no constructo Utilidade

UTILIDADE					
Variáveis			Nível de percepção		
Produtos implementados	Muito baixo	Baixo	Indiferente	Alto	Muito Alto
Auxílio para o preenchimento da FVS de controle da qualidade durante a execução das fachadas			ECA2	ECP1, EEC, ECP2	ECA1
Identificação e mapeamento das não conformidades				ECP1	ECA1, ECC, ECP2, ECA2
Auxílio na tomada de decisão em tempo hábil para intervenção				ECA1, ECP2, ECA2	ECP1, ECC
Acompanhamento do tratamento das não conformidades		ECA1	ECP2, ECA2	ECP1	ECC
Especificação do tratamento de acordo com a manifestação patológica identificada	ECP1		EEC, ECP2, ECA2	ECA1	

Fonte: Os autores

Em relação ao Plano de Ação, o item “especificação do tratamento das não conformidades, de acordo com as falhas ou manifestações patológicas identificadas na inspeção”, o entrevistado ECA1 apontou a utilidade como “alta”, pois auxiliava os profissionais em qual atividade realizar. Já para os entrevistados EEC, ECP2, ECA2 e ECP1, o nível de utilidade dessas informações foi considerado “indiferente” e “muito baixo” já que o próprio Procedimento de Execução de Serviço (PES) da empresa apresenta como cada não conformidade deve ser tratada, bem como específica qual material usar. Além da entrevista com os colaboradores dos Estudos de Caso A e B, foi coletado a percepção dos profissionais da Empresa X durante um workshop realizando para apresentação dos resultados do estudo (Figura 7). Em relação ao método proposto de inspeção de fachada utilizando drones e algoritmos de aprendizado de máquina para controle da qualidade durante a execução, os profissionais apontaram que o método apresenta várias vantagens para a empresa, tornando o acompanhamento da execução da obra em relação a qualidade das fachadas e preenchimento da FVS de forma mais

prática e ágil. Além disso, eles apontaram que o método é inovador devido ao uso de tecnologias digitais acompanhando a transformação digital do setor da construção civil, inserindo a empresa nessa transformação.

Figura 7 – Workshop para avaliação do método proposto



Fonte: Os autores

Em relação aos benefícios para a implementação do método proposto, foram citados: a redução de mão de obra para realização do controle da qualidade, bem como a qualidade das informações obtidas, já que as imagens coletadas podem ser arquivadas e utilizadas para acompanhamento da qualidade. Além disso, foi apontado como aspecto fundamental a segurança dos profissionais na realização das inspeções na parte externa da edificação, já que os profissionais não precisariam subir na plataforma de trabalho para verificar os itens da FVS, podendo realizar isso com as imagens coletadas pelo drone. Segundo os entrevistados, não existe nenhuma barreira para implementação do método, já que o investimento com os equipamentos como drone e treinamento para os profissionais seria algo que daria retorno ao longo do tempo com a redução de retrabalho e perdas. Além disso, o método proposto pode ser realizado pelos próprios colaboradores da Empresa X, mediante a treinamento, bem como da terceirização deste serviço, garantindo assim eficiência no processo de controle da qualidade, apoiando na boa execução dessa tão importante tarefa.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este estudo avaliou a implementação de um método proposto para inspeções automatizadas de fachadas de paredes de concreto moldadas in loco com uso de drones e algoritmos de aprendizado de máquina. As informações adquiridas por meio das inspeções foram incorporadas no processo de execução da obra através de relatórios, baseados no ciclo PDCA. As informações presentes nesses relatórios buscaram apoiar os gestores na tomada de decisão em relação ao controle da qualidade durante o processo construtivo. Além disso, foram realizadas reuniões com os gestores para discussão e refinamentos da melhor maneira de incorporar esse método no processo de execução da obra.

Mais estudos são necessários para automatizar totalmente o fluxo de inspeção, incluindo a geração automática de relatórios, indicadores de não conformidades e a análise automatizada das não anomalias através dos algoritmos de Aprendizado de Máquina. No entanto, a solução proposta tem grande potencial para automatizar o processo de inspeção de fachadas durante a execução. A análise das entrevistas constatou que o método pode subsidiar a tomada de decisão sobre o processo de

controle de qualidade durante a execução de obras. A implementação validou a agilidade e celeridade na geração de informações para os gestores.

Como preposições futuras, os pesquisadores pretendem aprimorar o método proposto em outras obras e tipologias construtivas, bem como incluir e testar outras falhas construtivas que possam causar o surgimento de manifestações patológicas. Nesse contexto, pretende-se ainda incorporar o BIM 360 para fazer o mapeamento das não conformidades visando maior transparência e automatização dos processos, além da melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade durante a execução. Além disso, aprimorar o método de inspeção automatizada utilizando drones e algoritmos de AM contemplando outras fases do ciclo de vida das edificações.

6. REFERÊNCIAS

ABBAS, Nadeem et al. Structural Health Monitoring of Underground Metro Tunnel by Identifying Damage Using ANN Deep Learning Auto-Encoder. **Applied Sciences**, v. 13, n. 3, p. 1332, 2023.

ÁLVARES, Juliana Sampaio; COSTA, Dayana Bastos. Construction progress monitoring using unmanned aerial system and 4D BIM. In: **Proceedings of the 27th Annual Conference of the International. Grupo para Construção Enxuta (IGLC), Dublin, Irlanda**. p. 1445-1456, 2019.

BAUER, Elton et al. Criteria for identification of ceramic detachments in building facades with infrared thermography. **Recent Developments in Building Diagnosis Techniques**, p. 51-68, 2016.

BELDING, Matthew; ENSHAEIAN, Alireza; RIZZO, Piervincenzo. A Machine learning-based approach to determining stress in rails. **Structural Health Monitoring**, v. 22, n. 1, p. 639-656, 2023.

BOWMAN, M. et al. Investigation into Application of Artificial Intelligence to Facade. In: **EASEC16: Proceedings of The 16th East Asian-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction**, Springer Singapore, p. 1321-1331, 2021.

CHEW, Michael YL. Façade inspection for falling objects from tall buildings in Singapore. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, n. ahead-of-print, 2021.

DAIS, Dimitris et al. Automatic crack classification and segmentation on masonry surfaces using convolutional neural networks and transfer learning. **Automation in Construction**, v. 125, p. 103606, 2021.

DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES JR., J.A.V. Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement. Switzerland: **Springer**, 2015.

GIL-DOCAMPO, Mariluz et al. UAS IR-Thermograms Processing and Photogrammetry of Thermal Images for the Inspection of Building Envelopes. **Applied Sciences**, v. 13, n. 6, p. 3948, 2023.

GUO, J., Wang, Q., & Li, Y. Evaluation-oriented façade defects detection using rule-based deep learning method. **Automation in Construction**, v. 131, p. 103910, 2021.

- HAN, Q.; Zhao, N.; Xu, J. Recognition and location of steel structure surface corrosion based on unmanned aerial vehicle images. **Journal of Civil Structural Health Monitoring**. 2021.
- JALINOOS, Frank et al. Experimental evaluation of unmanned aerial system for measuring bridge movement. **Journal of Bridge Engineering**, v. 25, n. 1, p. 04019132, 2020.
- JUCÁ, Tatiana Renata Pereira; OLIVEIRA, Janes Cleiton Alves de; ZANONI, Vanda Alice Garcia. **Uso do drone como tecnologia disruptiva na inspeção de fachadas**. 2022.
- KUMARAPU, Kumar; SHASHI, M.; KEESARA, Venkata Reddy. UAV in construction site monitoring and concrete strength estimation. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 49, p. 619-627, 2021.
- LEE, Jaekyu; LEE, Sangyub. Construction Site Safety Management: A Computer Vision and Deep Learning Approach. **Sensors**, v. 23, n. 2, p. 944, 2023.
- LIU, Chang et al. Applications of object detection in modular construction based on a comparative evaluation of deep learning algorithms. **Construction Innovation**, v. 22, n. 1, p. 141-159, 2022.
- LIU, Yiqing; YEOH, Justin KW; CHUA, David KH. Deep learning-based enhancement of motion blurred UAV concrete crack images. **Journal of Computing in civil Engineering**, v. 34, n. 5, p. 04020028, 2020.
- MAHESH, B. Machine learning algorithms -a review. **International Journal of Science and Research (IJSR)**, v. 01, 2019.
- MEDEIROS JUNIOR, Ronaldo Alves de; LIMA, Maryangela Geimba de; BALESTRA, Carlos Eduardo Tino. Identificação das Principais Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado Pertencentes ao DCTA. In: **Congresso Internacional sobre Patologia e Reparação de Estruturas**. 2013. p. 1-9.
- MÉSZÁROSOVÁ, Lenka; TUMOVA, Eva; DROCHYTKA, Rostislav. Epoxy screed as possible protection of floor surfaces. In: **Advanced Materials Research**. Trans Tech Publications Ltd, 2015. p. 166-169.
- MIRZABEIGI, Shayan; RAZKENARI, Mohamad. Automated vision-based building inspection using drone thermography. In: **Construction Research Congress 2022**. 2022. p. 737-746.
- PURI, Nisha; TURKAN, Yelda. Bridge construction progress monitoring using lidar and 4D design models. **Automation in Construction**, v. 109, p. 102961, 2020.
- REY, Rafaela Oliveira; DE MELO, Roseneia Rodrigues Santos; COSTA, Dayana Bastos. Design and implementation of a computerized safety inspection system for construction sites using UAS and digital checklists-Smart Inspects. **Safety science**, v. 143, p. 105430, 2021.
- RIPPER, Gustavo Palmeira et al. **A new system for comparison calibration of vibration transducers at low frequencies**. 2009.
- RUGGIERI, S., Cardellicchio, A., Nettis, A., Renò, V., & Uva, G. (2023). Using machine learning approaches to perform defect detection of existing bridges. **Procedia Structural Integrity**, 44, 2028-2035.

SILVA, Alisson Souza; COSTA, Dayana Bastos. Análise do uso de tecnologias digitais para identificação automatizada de patologias em construções. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 19, p. 1-14, 2022.

SILVEIRA, Bruno; MELO, Roseneia; COSTA, Dayana Bastos. Using uas for roofs structure inspections at post-occupational residential buildings. In: **Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering: ICCBE 2020**. Springer International Publishing, 2021. p. 1055-1068.

SINGH, P. K. et al. (Ed.). Proceedings of ICRIC 2019. **Springer International Publishing**, 2020. Disponível em:<<https://doi.org/10.1007/978-3-030-29407-6>>, Acesso em 20 Dez 2022.

SOFI, A. et al. Structural health monitoring using wireless smart sensor network—An overview. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 163, p. 108113, 2022.

SOMAN, Ranjith K.; MOLINA-SOLANA, Miguel. Automating look-ahead schedule generation for construction using linked-data based constraint checking and reinforcement learning. **Automation in Construction**, v. 134, p. 104069, 2022.

YANG, Meng et al. Transformer-based deep learning model and video dataset for unsafe action identification in construction projects. **Automation in Construction**, v. 146, p. 104703, 2023.

YUSOF, Hanita; AHMAD, Mustaffa Anjang; ABDULLAH, Aadam Mohammed Taha. Historical building inspection using the unmanned aerial vehicle. **International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology**, v. 11, n. 3, p. 12-20, 2020.

ESPAÇO CO.VIVER. NOVO MODELO DE MORADIA E DE COMPARTILHAMENTO EM SALVADOR

Aluno: Armando Levi Calheiros Andrade
Orientador: Robério do Nascimento Coêlho



RESUMO

Novas formas de pensar o espaço arquitetônico surgem para atender às demandas da sociedade no presente. Nesse sentido, o Coliving – expressão que designa a moradia compartilhada como modelo de habitação coletiva – se apresenta como tipologia arquitetônica alternativa para atender às novas demandas de moradia. Observa-se na atualidade o crescente comportamento de consumo – produtos, serviços e espaços – pautado em um modelo socioeconômico compartilhado e colaborativo, tendo em vista a necessidade de relações socioambientais mais sustentáveis. A partir da difusão do modelo da economia colaborativa e o interesse da Prefeitura Municipal de Salvador – BA em uma gestão sustentável, o presente trabalho propõe um edifício de uso misto em Salvador, contemplando no programa o Coliving.

1. COLIVING

Desenvolvido em diferentes escalas e tipologias de edificação – casa, apartamentos, edifícios – o Coliving se diferencia pela divisão de espaços em usos comuns e privados, quase sempre alugados, evidenciando seu caráter transitório e atraindo um público que vislumbra no espaço colaborativo um estilo de vida para além dos benefícios financeiros, como a vida em comunidade.

O Coliving é um espaço que vai muito além de uma moradia compartilhada, pretende ser um ambiente onde se cultiva a colaboração e o serendipismo entre os residentes e a comunidade de um modo geral [...]. Se conectam diretamente aos ideais de reaproveitamento e consumo consciente da cultura da economia colaborativa. (NUNES; VIEIRA, 2019, p.130).

COLIVING



Escalas e tipologias



Divisão espaços coletivo/privado



Aluguel simplificado

PROPÓSITO

COLIVING

É uma forma de morar que tem como premissa a valorização da vida em comunidade, a fim de criar laços, reduzir custos e promover um estilo de vida mais sustentável

O tema não se restringe a uma tipologia arquitetônica, mas também a um serviço ou modelo de negócio proveniente das novas tendências da economia colaborativa. São valores indissociáveis do conceito: o uso sustentável de recursos e espaços; a mobilidade e a transitoriedade; a praticidade e agilidade; o convívio comunitário; o respeito à individualidade.

2. DEMANDA

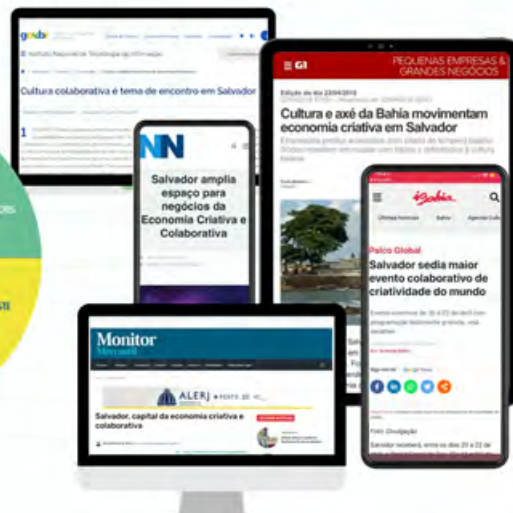
O conceito de Coliving se apresenta como uma alternativa de moradia para uma geração que está propensa aos modos de vida e consumo da economia colaborativa, em que as conexões e compartilhamentos extrapolam o universo digital e se traduzem no espaço físico. O Coliving atende à demanda de um público que não necessita da permanência física em determinados espaços para realizar as suas relações de trabalho. Independentemente da geração a que pertencem, aqueles que possuem o interesse e perfil para a vida em comunidade estão aptos para a moradia compartilhada.

Geração Y & Z

Economia colaborativa

Diante das transformações econômicas das últimas décadas, a prefeitura municipal de Salvador desenvolveu um plano estratégico para a promoção do desenvolvimento batizado de Salvador 360, lançado em maio de 2017. É possível destacar ações que tornam a cidade atraente para um público

alinhado a novas visões de negócio e cidade, tornando o município interessante para investidores, empreendedores e trabalhadores da economia criativa e colaborativa, atrelado a uma cidade menos burocrática para abertura de negócios e urbanisticamente sustentável.



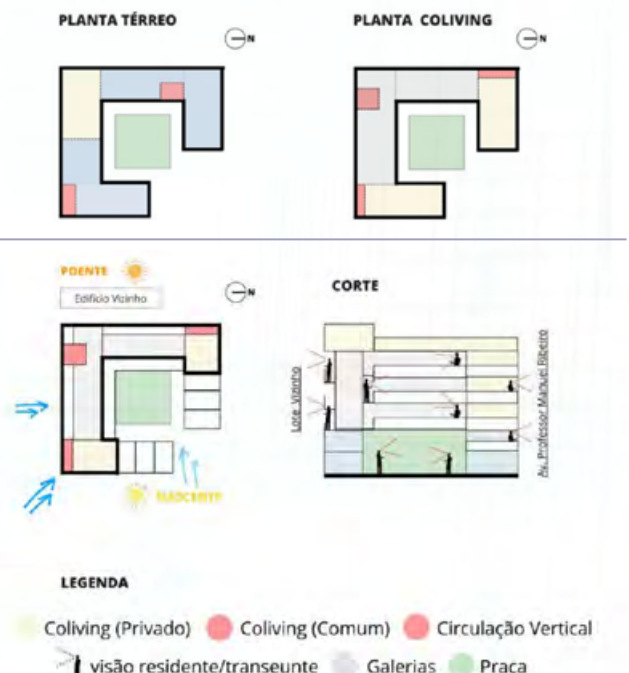
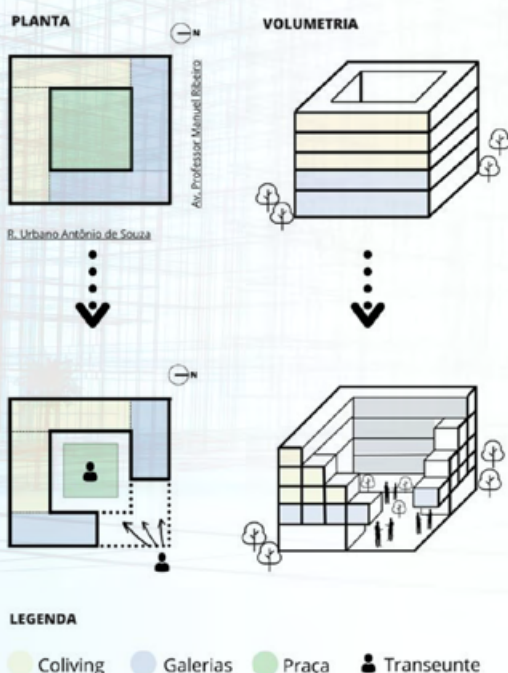
3. PROJETO

A partir da investigação e apreensão do modelo de moradia Coliving e análise das referências, propõe-se uma edificação de uso misto no bairro do Stiep, em Salvador - BA. A edificação contempla um Coliving com 39 dormitórios destinados a 78 residentes, além de galerias destinadas aos seguintes usos: Coliving, Coworking, Academia de Spinning, Restaurante/Café e espaço para loja de locação futura.

ESPAÇO CO.VIVER



Para a elaboração da proposta da edificação, foram buscados pelo autor terrenos em diferentes regiões da cidade. Dentre as opções se destacou o lote de 2.950 metros quadrados no bairro Stiep, que foi escolhido levando-se em consideração as características topográficas como a suas dimensões e superfície, favorável pela baixa necessidade de movimentação de terra e vegetação. Ademais, a localização no tecido urbano possui características importantes para a edificação a ser implantada – está na interseção entre área comercial/empresarial e residencial da cidade – favorecendo as relações de moradia, trabalho e consumo.





PLANTA BAIXA - TÉREO

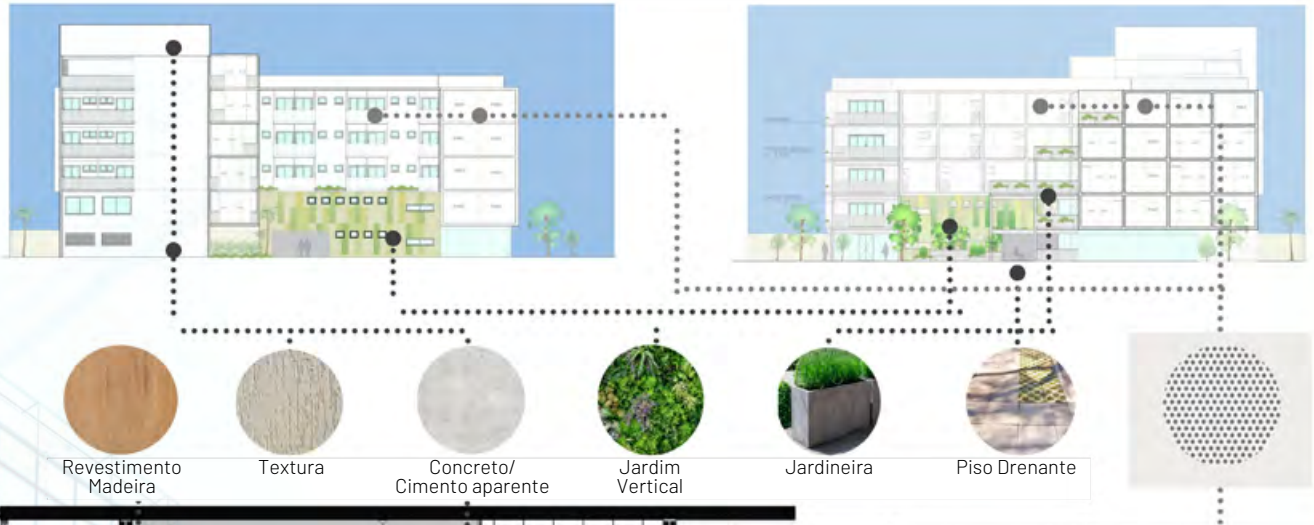


4. FACHADA / MATERIALIDADE

A fachada tornou-se uma componente importante para o conforto e a expressão arquitetônica. Desse modo, a adoção da "fachada dinâmica" se apresentou como solução ideal para o projeto, uma vez que propiciam privacidade, controle térmico e dinamismo à composição. As materialidades relacionam-se com o caráter contemporâneo do projeto, com estruturas em metal, que, além da racionalidade intrínseca ao seu processo de fabricação, coadunam com elementos dos edifícios vizinhos. Destacam-se os edifícios do Tribunal de contas, e o Hospital Sarah Kubitschek.

FACHADA NORTE

FACHADA SUL



**CORTE AA
STUDIO**

O material adotado para composição foi a chapa metálica perfurada. Disposta em painéis sob trilhos e parapeitos, permitem que os usuários desloquem as peças de acordo com sua necessidade. Além de atenuar a incidência de luz, que impactam o clima e a privacidade no interior, permitirá a visualização de cheios e vazios, proporcionando ao transeunte a observação do dinamismo da fachada.

MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO PROGRESSO E TERMINALIDADE DE ATIVIDADES INTERNAS E EXTERNAS DE OBRAS UTILIZANDO BIM, RPA E CÂMERA 360º

Aluna: Amanda da Silva Barbosa
Orientadora: Dayana Bastos Costa

RESUMO

Apesar de ser uma das práticas mais importantes para o sucesso de uma construção, o monitoramento tradicional do progresso de obras é suscetível a falhas, pois depende fortemente da experiência e visualização humana. Além disso, a maioria dos estudos desenvolvidos nessa área tem uma lacuna devido ao foco predominante em áreas externas. O objetivo principal desse estudo é propor um método para o monitoramento visual do progresso de atividades internas e externas de obras, utilizando Building Information Modeling (BIM), Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) e câmera 360º. Foi adotada a estratégia da Design Science Research (DSR), com a realização de dois estudos empíricos em obras residenciais. No primeiro estudo empírico, foram realizados testes para a coleta de dados com uso de RPA e câmera 360º. Foram estudadas as formas mais eficientes de se trabalhar com as fotografias 360º, visando à integração desses dados em diferentes softwares BIM 4D, o que auxiliou a fundamentar uma proposta inicial de método. No segundo estudo empírico, o método foi implementado e avaliado através dos constructos: potencial de impactar na identificação do progresso, transparência, utilidade, facilidade de adoção e generalização. O método apresentou como pontos positivos a sua simplicidade, clareza e facilidade para visualização do progresso. A câmera 360º se mostrou útil para o monitoramento do progresso, com potencial para aplicações voltadas para verificação da qualidade da execução dos serviços. Como principal contribuição, tem-se a proposição de um método para monitoramento visual do progresso de obras com uso de BIM, RPA e câmera 360º. Para auxiliar na operacionalização do método em contextos de obras, foram propostos recomendações e protocolos para integração dos dados visuais coletados ao modelo BIM 4D.

Palavras-chave: Monitoramento do Progresso de Obras; Building Information Modelling (BIM); Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA); Câmera 360º.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento do progresso de obras é considerado uma das práticas mais importantes para se alcançar o sucesso de uma construção, refletindo a performance da obra em diferentes aspectos (ÁLVARES; COSTA, 2019). Apesar disso, o monitoramento tradicional do progresso é um processo suscetível a falhas, pois nele as informações são coletadas manualmente através de inspeções em campo, dependendo fortemente da experiência e visualização humana (BRAUN et al., 2020).

O desenvolvimento de métodos visuais e digitais para monitoramento do progresso é particularmente útil para ambientes internos de obras, onde é mais difícil se obter uma visão geral das atividades. Tais ambientes são dotados de elementos construtivos das mais diversas disciplinas, muitas vezes dependendo do desempenho de subcontratados para execução dos serviços no prazo (ROH; AZIZ; PEÑA-MORA, 2011).

De acordo com Formoso, Bølviken e Viana (2020), a falta de terminalidade é uma das principais perdas da construção, sendo caracterizada por pequenos pacotes de trabalho que permanecem incompletos após uma equipe deixar a frente de trabalho e que geralmente são negligenciados em reuniões de planejamento. Apesar disso, os estudos de monitoramento do progresso frequentemente não observam a influência desse tipo de perda na não conclusão dos serviços conforme planejado. Portanto, o objetivo principal desse estudo é propor um método para monitoramento visual do progresso de obras utilizando Building Information Modeling (BIM), aeronaves remotamente pilotadas (Remotely-Piloted Aircraft – RPA) e câmeras 360°, visando ao aumento da transparência de informações e o suporte à tomada de decisões.

2. MÉTODOS PARA O MONITORAMENTO VISUAL DO PROGRESSO DE OBRAS

O estado da arte da identificação automática do progresso com uso de nuvens de pontos é um processo que possui seis grandes etapas: coleta de imagens, geração da nuvem de pontos, registro, segmentação, reconhecimento semântico de objetos e detecção do progresso (XUE; HOU; ZENG, 2021). Apesar disso, Paneru e Jeelani (2021) afirmam que esse processo ainda apresenta desafios, como o alinhamento automático entre o modelo BIM e a nuvem de pontos e o alto custo computacional para reconhecimento semântico automatizado de objetos na nuvem de pontos.

Dentre os trabalhos recentes publicados nessa área, Kielhauser et al. (2020) apresentaram um método para monitoramento do progresso e qualidade da obra com uso de BIM e um modelo digital criado a partir das imagens coletadas por RPA do estado atual da construção. Comparando ambos os modelos, a diferença de volume de concreto executado com relação ao volume previsto foi avaliada, de modo que uma diferença negativa significava um atraso na execução das atividades.

Braun et al. (2020) utilizaram a técnica de fotogrametria para permitir que os elementos do modelo BIM 3D fossem projetados dentro do sistema de coordenadas de fotografias 2D. Uma abordagem para detecção de objetos baseada em aprendizagem de máquina deu suporte ao monitoramento do progresso. Huang et al. (2022) apresentaram um método de detecção de diferenças geométricas e semânticas através de uma análise de ocupação espacial em nuvens de pontos obtidas em diferentes períodos para auxiliar no monitoramento do progresso de obras.

Han, Degol e Golparvar-Fard (2018) apresentaram um método baseado em geometria e aparência para detecção do progresso de obras. De acordo com esses autores, a detecção baseada em geometria identifica a existência de elementos BIM nas nuvens de pontos, enquanto a técnica baseada em aparência identifica diferentes tipos de materiais e é capaz de detectar o progresso a nível operacional.

Apesar dos importantes avanços obtidos nas pesquisas de monitoramento do progresso de obras, a indústria da construção tem adotado tais técnicas inovadoras de maneira lenta. No geral, os métodos automatizados para monitoramento do progresso ainda estão em fase experimental e necessitam de planejamento e investimento por parte das empresas para que seja possível colher os resultados dessa implementação.

3. USO DE CÂMERAS 360º PARA COLETA DE DADOS EM AMBIENTES INTERNOS

Uma possível solução para monitoramento de ambientes internos consiste no uso de câmeras 360º. As câmeras 360º modernas possuem dois ou mais sensores acoplados em um dispositivo comum. Tais sensores são particularmente próprios para situações em que a aquisição rápida dos dados é necessária. Fangi et al. (2018) afirmam que uma das maiores vantagens do uso de câmeras 360º é o fato de não ser mais necessário realizar a junção de múltiplas imagens para geração de um panorama. A solução para esse problema atualmente consiste no uso de câmeras 360º, que permitem a coleta de imagens esféricas com apenas uma captura.

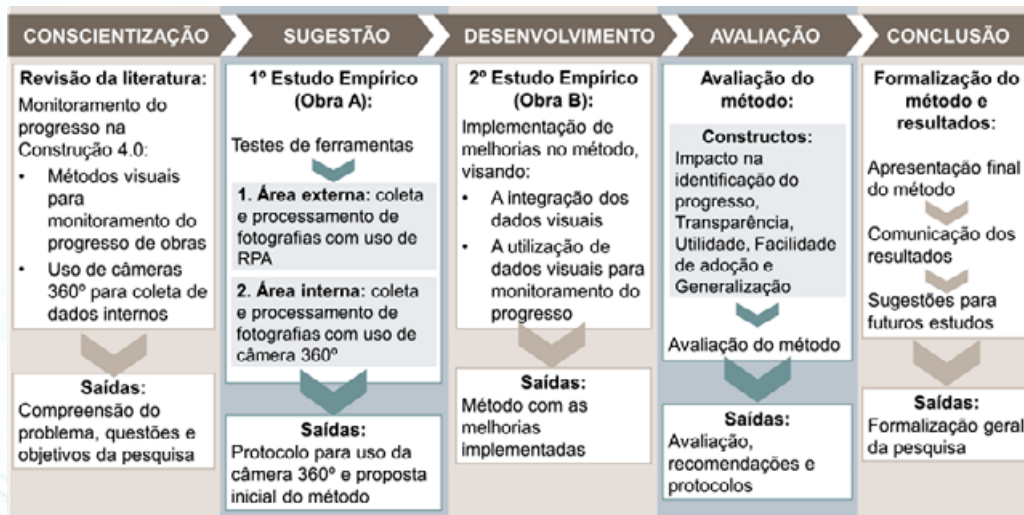
Segundo Barazzetti et al. (2019), as fotografias 360º podem ser úteis para a realização do levantamento fotogramétrico, substituindo as fotografias tradicionais em perspectiva central, que podem levar à aquisição de um grande número de imagens. Barazzetti et al. (2019) realizaram a reconstrução 3D de ambientes internos através de câmeras tradicionais de perspectiva central, fazendo uso de câmeras 360º apenas nas regiões do vão das portas, com o objetivo de conectar dois ambientes. De acordo com Barazzetti et al. (2019), o grande campo de visão das câmeras 360º permite a captura e visualização de diferentes cômodos, além de espaços internos e externos que podem ficar visíveis em uma única fotografia.

Losè, Chiabrando e Tonolo (2021) tiveram como foco o uso de câmeras 360º e fotogrametria esférica para documentação do patrimônio histórico. Segundo esses autores, a coleta de dados com a câmera 360º é geralmente mais fácil em comparação com as técnicas tradicionais de coleta para fotogrametria. No entanto, o planejamento cuidadoso da estratégia de coleta usando esse tipo de sensor é essencial. Subramanian e Gheisari (2019) realizaram a comparação entre técnicas com uso de laser scanner e fotogrametria com uso de câmeras 360º. Esses autores concluíram que esta última abordagem é significativamente mais rápida e pode ser uma boa opção para aplicações em que um menor nível de precisão possa ser suficiente.

4. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa utilizada neste trabalho foi a Design Science Research (DSR). Um delineamento geral da pesquisa é apresentado na Figura 1 a seguir.

Figura 1. Delineamento geral da pesquisa

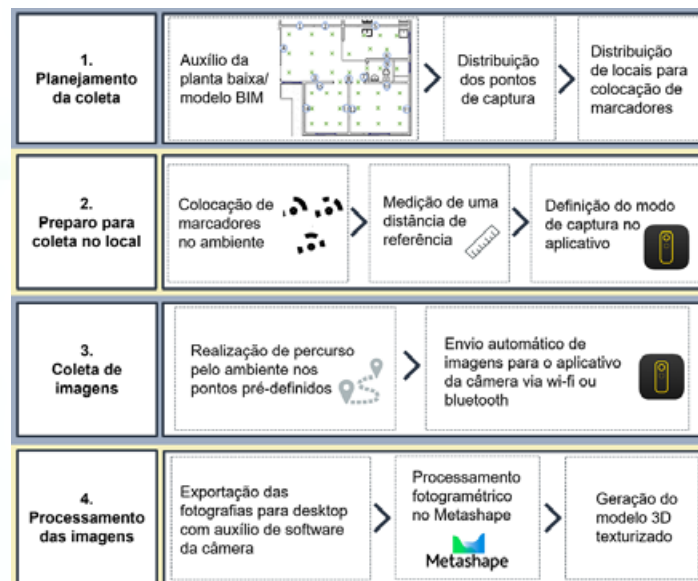


4.1 Primeiro estudo empírico

O primeiro estudo empírico foi desenvolvido na Obra A de um conjunto habitacional com 20 edifícios de cinco andares e quatro apartamentos por andar. Os apartamentos possuíam uma área de 58.41 m², e o sistema estrutural era em paredes de concreto. Os equipamentos utilizados para coleta de imagens foram um RPA modelo DJI Phantom 4 e uma câmera 360° modelo Insta360° One X, utilizada acoplada ao capacete de segurança da obra.

Foram realizados testes para mapeamento 3D do canteiro de obras usando RPA para coletar imagens do estado atual da área externa da obra através de voos semiautônomos. O processamento fotogramétrico automático das imagens georreferenciadas foi realizado utilizando o software Metashape, com base no procedimento adotado por Álvares e Costa (2019). Também foram realizados testes para geração de nuvens de pontos dos apartamentos com uso das fotografias 360°. Para isso, as imagens foram coletadas caminhando pelo ambiente e parando em pontos de captura previamente definidos. As fotografias 360° eram automaticamente enviadas para o aplicativo da câmera no smartphone e foram processadas com uso do Metashape. O processo completo de coleta e processamento das fotografias 360° é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Procedimento para geração de nuvens de pontos e modelos 3D texturizados com fotografias 360º



A empresa parceira do estudo desenvolveu o modelo BIM 4D da Obra A no software Synchro usando o planejamento de longo prazo. Os modelos 3D texturizados das áreas internas e externas foram inseridos e integrados ao modelo BIM 4D manualmente.

Considerando os testes realizados, foi possível desenvolver uma primeira ideia do método para monitoramento do progresso, incluindo a coleta de dados internos e externos com RPA e câmera 360º para geração da nuvem de pontos externa da obra e obtenção de fotografias 360º internas. Também foi proposta a integração do modelo BIM 4D do estado planejado com os dados visuais coletados para documentar e verificar o status das atividades, identificando o progresso e a terminalidade dos serviços.

4.2 Segundo estudo empírico

O método proposto foi implementado e avaliado em um estudo empírico na Obra B, um conjunto habitacional com 13 edifícios de cinco andares e quatro apartamentos por andar. Os apartamentos tinham uma área de 46,29 m² e era utilizado o sistema estrutural de paredes de concreto. Foram realizados voos com RPA seguindo os mesmos protocolos adotados no primeiro estudo empírico. As fotografias 360º foram coletadas em um apartamento por andar, mas não houve o processamento fotogramétrico dessa vez, devido ao grande número de etapas e tempo necessário para geração das nuvens de pontos. O Quadro 1 apresenta o resumo da coleta de dados na Obra B.

Quadro 1. Coleta de dados com RPA e câmera 360º nos dois estudos empíricos

Obra	Número de visitas	Média de fotos por voo com RPA	Duração média dos voos	Média de fotografias 360º por apartamento	Duração média da coleta de fotografias 360º por apartamento
A	8	342	15 min. e 27 seg.	37	15 min. e 18 seg.
B	14	168	14 minutos	3,6	1 min. e 17 seg.

O modelo BIM 4D foi desenvolvido no Navisworks utilizando o planejamento de longo prazo da obra. Diferentemente do Synchro, o Navisworks possibilita o uso de nuvens de pontos, permitindo a aferição visual do status do progresso com a nuvem de pontos sobreposta ao modelo BIM 4D. Para as áreas internas, foi realizada uma estimativa manual da pose da câmera 360º no modelo 4D, com a criação de um link para a fotografia 360º. Após a análise das atividades executadas e atrasadas, um código de cores foi utilizado para representar o progresso das atividades.

Uma análise de terminalidade foi realizada para as atividades internas classificadas como finalizadas. Para cada problema de falta de terminalidade encontrado nas fotografias 360º, foi criado um ponto de vista (recurso viewpoint no Navisworks) com uma breve descrição do problema e o seu status (novo, resolvido ou pendente).

4.3 Avaliação do método

O método foi avaliado com base nos seguintes constructos: potencial de impacto na identificação do progresso, transparência, utilidade, facilidade de adoção e generalização. As fontes de evidência para avaliação foram observação participante, entrevistas, fotografias 360º, nuvens de pontos e comparações entre o modelo BIM 4D e as nuvens de pontos e fotografias 360º para identificação dos desvios de progresso.

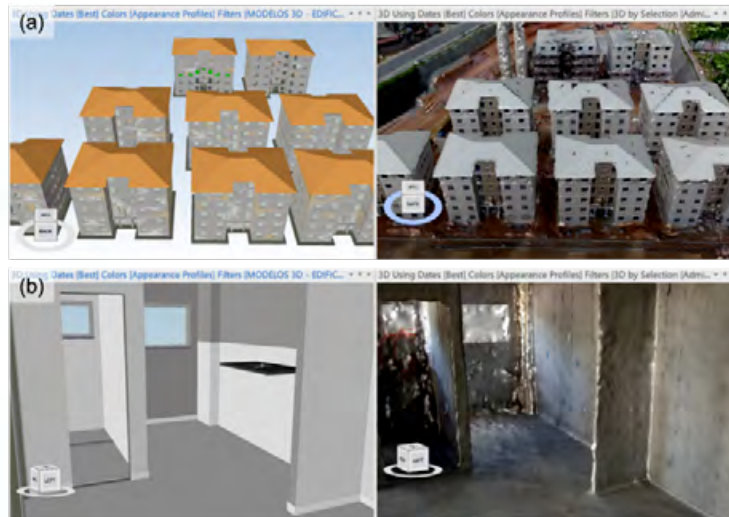
As entrevistas foram realizadas para coletar a percepção dos gestores da empresa sobre a implementação do método na Obra B. Foram preparadas questões qualitativas usando uma escala Likert de impacto de um a cinco. Foram entrevistados os seguintes funcionários: gerente administrativo, engenheiro responsável pela Obra B, técnico de planejamento, coordenadora de planejamento e analista de custo e planejamento.

5. RESULTADOS

5.1 Uso de fotografias 360º para geração de nuvens de pontos

Ao utilizar fotografias 360º para geração de modelos 3D fotogramétricos de ambientes internos, deve-se considerar que as superfícies de paredes, pisos e teto nesses ambientes possuem uma textura lisa que não é ideal para a reconstrução fotogramétrica. Para compensar essa limitação, recomenda-se a colocação de marcadores nas paredes do ambiente. Após a colocação dos marcadores, é necessário medir uma distância de referência entre eles para estabelecer uma escala correta para a nuvem de pontos gerada. Para se obter um nível de sobreposição adequado entre as fotografias 360º, a distância entre um ponto de captura e o outro não deve exceder dois metros. Além disso, recomenda-se realizar capturas entre os vãos de portas para conectar dois cômodos. Na etapa de processamento das fotografias 360º coletadas é necessário utilizar uma máscara para remover regiões das imagens que não devem fazer parte do processamento, como a região do capacete. Testes para integração do modelo 3D texturizado e o modelo BIM 4D foram realizados no Synchro, que não tem suporte para o uso de nuvens de pontos. A sobreposição dos modelos foi realizada manualmente com as ferramentas do Synchro para translação e rotação de objetos 3D. No Synchro também é possível obter uma vista dos dois modelos lado a lado, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Visualização no Synchro do modelo BIM 4D ao lado do modelo 3D texturizado.



A partir da simulação 4D com os dois modelos lado a lado, é possível identificar visualmente as atividades que estão de acordo com o planejado, que são aquelas que podem ser visualizadas nos dois modelos (texturizado e BIM). Já as atividades atrasadas podem ser vistas apenas no modelo BIM. Testes realizados no Navisworks mostraram que é possível usar tanto o modelo 3D texturizado como as nuvens de pontos nesse software. A diferença é que o Navisworks não permite a visualização lado a lado entre o planejado e o executado, mas sim de forma sobreposta.

5.2 Uso de fotografias 360° para captura do estado atual de ambientes internos

Os dados coletados com a câmera 360° podem ser utilizados em conjunto com uma técnica para levantamento fotogramétrico, como demonstrado acima, ou simplesmente como dados 360°. Neste caso, para visualização imersiva das fotografias 360°, é necessário utilizar um visualizador compatível com esse tipo de imagem. Nesse estudo, a plataforma de armazenamento e visualização das fotografias 360° foi o Google Fotos. Para evitar uma quantidade excessiva de imagens, recomenda-se priorizar a coleta em ambientes onde seja possível monitorar uma quantidade maior de atividades. Priorizando a coleta na cozinha, sala de estar e banheiro, as autoras obtiveram uma duração média de coleta de um minuto e 17 segundos por apartamento.

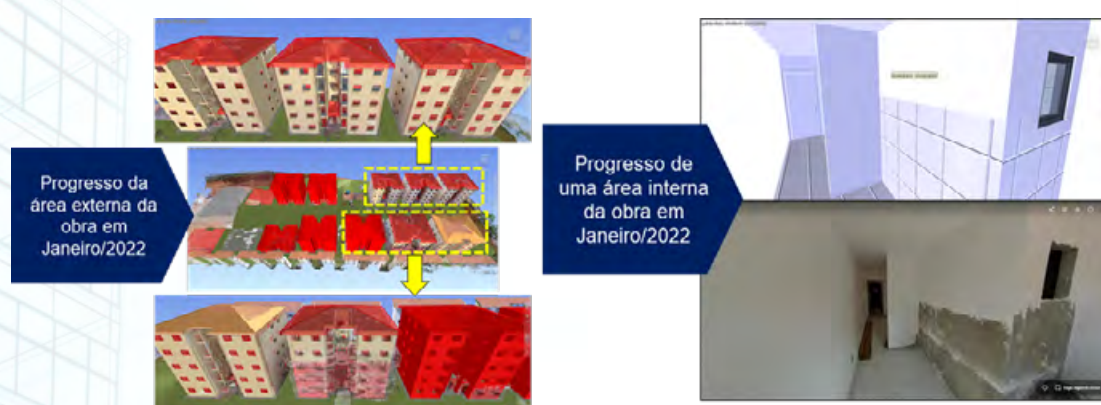
Uma solução encontrada para integração das fotografias 360° e o modelo BIM 4D foi através da criação de um link entre o Navisworks e o Google Fotos. Para criar o link para acesso às fotografias 360° é necessário encontrar no modelo a posição aproximada em que a captura foi realizada em campo e salvá-la como uma viewpoint. Um link para a fotografia 360° em nuvem foi criado para cada viewpoint, de modo que o usuário possa clicar no link presente no modelo e visualizar as diferenças entre o planejado e executado.

Analisando os resultados obtidos, as autoras decidiram usar as fotografias 360° ao invés de nuvens de pontos ou modelos 3D texturizados para representar os ambientes internos, pelo fato de as fotografias 360° apresentarem um melhor custo-benefício para o propósito do estudo.

5.3 Implementação do método na Obra B




A coleta de dados na Obra B foi realizada quinzenalmente. Voos com RPA para coleta de fotografias da área externa foram realizados para gerar a nuvem de pontos externa da obra. A coleta de fotografias com a câmera 360° foi realizada no hall de cada andar dos prédios e em um apartamento por andar. O modelo BIM 4D foi desenvolvido no Navisworks, automaticamente integrando os elementos do modelo com suas respectivas atividades. Para integrar os dados visuais do estado atual coletados, a nuvem de pontos da área externa foi sobreposta e alinhada manualmente ao modelo BIM 4D. Para integração das fotografias 360° internas, foi criado um link para as fotografias armazenadas em nuvem. Após a integração dos dados, foi possível documentar e verificar o status das atividades utilizando um código de cores no qual as atividades atrasadas eram representadas na cor vermelha nos elementos do modelo.

Figura 4. Visualização dos desvios de progresso com uso de nuvens de pontos e fotografias 360°



A análise de terminalidade foi realizada apenas para atividades internas, pois, com as fotografias 360°, é possível visualizar mais detalhes das atividades do que com a nuvem de pontos. No total, foram identificados 33 problemas de falta de terminalidade, em sua maioria associados com as atividades de concretagem das paredes e reboco, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2. Alguns dos problemas de falta de terminalidade identificados com uso das fotografias 360°

Descrição	Principais atividades impactadas	Quantidade de vezes que foi identificado	Exemplo
Buracos nas paredes de concreto não tampados após remoção das formas	Tratamento interno, chapisco, reboco de gesso	5	
Regiões nas paredes sem gesso ou com falhas no gesso	Reboco de gesso e atividades subsequentes	8	
Quebra de paredes ou lajes de concreto para execução de instalações	Tratamento interno, chapisco, contrapiso, reboco de gesso	16	

5.4 Avaliação da implementação do método proposto

Na avaliação do artefato, a maioria dos entrevistados considera que o método tem um grande potencial de impactar na avaliação visual do estado atual da obra e na identificação e mitigação de desvios de progresso, relatando ser possível visualizar a maioria das atividades da obra usando as tecnologias propostas. O constructo Transparência foi o que obteve a melhor avaliação. Em todas as entrevistas, os participantes tiveram uma opinião positiva acerca da simplicidade, rapidez e facilidade de comunicação e entendimento das informações de progresso através das ferramentas usadas.

Alguns entrevistados afirmaram que atualmente as análises de progresso podem ser feitas sem o uso dos produtos gerados, porém, de uma forma mais subjetiva. Os entrevistados consideram que a facilidade de aplicação das atividades do método é alta ou muito alta. Com relação à generalização, para as autoras seria necessário apenas uma adaptação em obras de edifícios verticais, visando à realização de planos de voo verticais para o mapeamento de fachadas com RPA. O Quadro 3 apresenta os resultados das entrevistas.

Quadro 3. Resultados das entrevistas de acordo com cada constructo

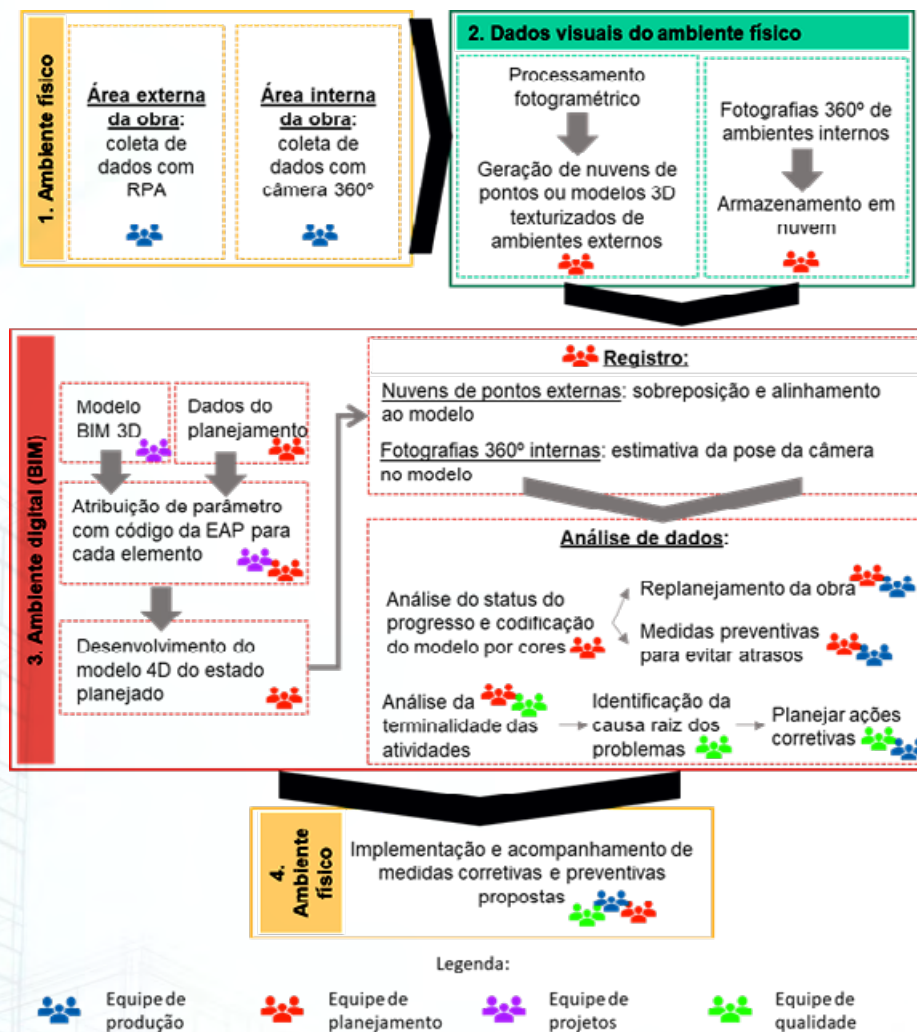
Constructo	Variáveis	Média
Impacto na identificação do progresso	Identificação visual do progresso usando RPA e câmera 360º	4,40
	Identificação de desvios de progresso	4,40
	Mitigação de desvios negativos de progresso	4,20
Transparência	Qualidade da comunicação do progresso com uso das tecnologias propostas	4,75
	Simplicidade no entendimento das informações de progresso	4,75
Utilidade	Importância dos produtos do método para monitoramento do progresso	4,25
	Adequação do método às necessidades do monitoramento do progresso	4,20
Facilidade de adoção	Facilidade de aplicação dos produtos do método	4,38
Generalização	Adaptação do método a canteiros de obras de outras empresas e tipologias	4,60

Nota: escala Likert de 1 a 5, sendo que 1 representa o menor nível, e 5 o maior nível de concordância

5.5 Estrutura final do método, recomendações e protocolos para implementação

Antes de implementar o método, as empresas devem planejar quais ferramentas elas já possuem e quais devem ser adquiridas. Dentre as ferramentas necessárias estão RPA, câmera 360º, celular ou tablet para uso dos aplicativos e computadores com capacidade de processamento compatível com os softwares que serão utilizados. É recomendado definir a frequência em que o monitoramento do progresso será realizado através do método, considerando o ritmo de produção e o nível de detalhe dos cronogramas. As empresas também devem definir quais setores participarão da implementação do método, qual será o papel de cada um nos processos e a necessidade de realizar treinamentos com os envolvidos. A Figura 5 mostra um esquema com a estrutura final do método.

Figura 5. Representação esquemática do método

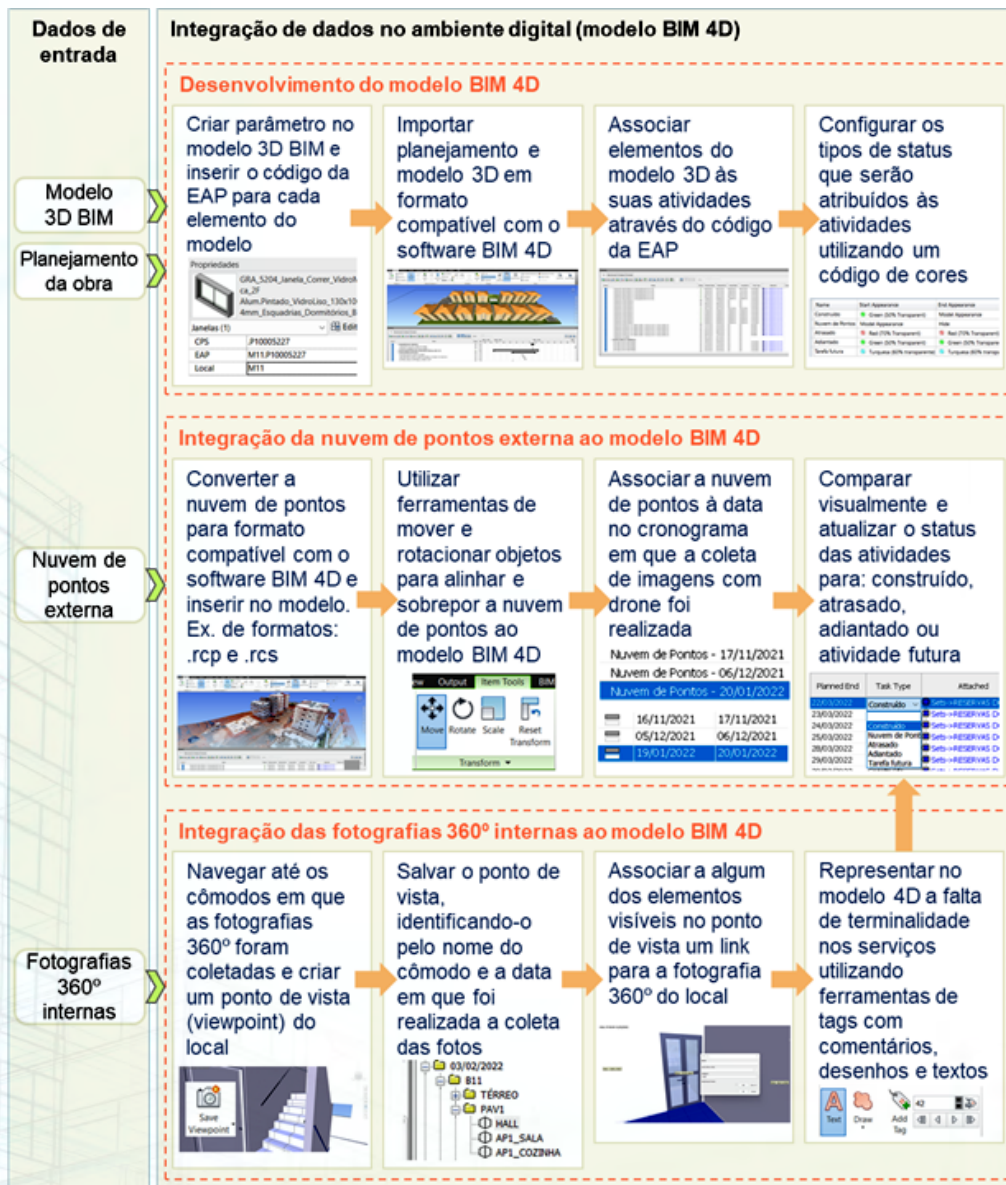


A primeira etapa do método consiste na coleta de dados do ambiente físico usando RPA e câmera 360°. As fotografias da área externa devem ser usadas para geração da nuvem de pontos da obra, enquanto as fotografias 360° internas devem ser armazenadas em uma plataforma em nuvem para visualização imersiva. Dados do planejamento da obra devem ser utilizados para preencher um parâmetro nos elementos do modelo BIM com o código das atividades, o que permitirá o desenvolvimento automático do modelo BIM 4D.

Para integração dos dados visuais do estado atual da obra no modelo 4D, a nuvem de pontos deve ser sobreposta e alinhada ao modelo 4D, enquanto as fotografias 360° devem ser integradas ao modelo através de um link. Com o uso de um código de cores do modelo, será possível analisar o progresso da obra, indicando visualmente as atividades atrasadas, adiantadas e no prazo. Se for observado um atraso significativo nas atividades, pode ser necessário realizar um replanejamento da obra.

Com o uso das fotografias 360° é possível identificar problemas de qualidade que podem levar à falta de terminalidade nas atividades. Nesses casos, é necessário encontrar a causa raiz para tais problemas e planejar ações corretivas. Com base na implementação do método nos estudos empíricos, foi desenvolvido um protocolo (Figura 6) para auxiliar, de forma prática e operacional, na integração dos dados visuais coletados com RPA e câmera 360° ao modelo BIM 4D.

Figura 6. Protocolo para integração dos dados visuais ao modelo BIM 4D da obra



6. DISCUSSÃO

No presente estudo houve um esforço para suprir uma lacuna presente nos estudos mais recentes de monitoramento de progresso de obras, que é o monitoramento de ambientes internos. Embora alguns softwares já tenham sido desenvolvidos visando ao monitoramento de obras com uso de fotografias 360°, a produção científica para implementar e avaliar essa tecnologia ainda é escassa. Portanto, uma das maiores contribuições alcançadas nesse estudo foi o melhor entendimento do potencial do uso de BIM, RPA e câmera 360° para monitoramento visual de atividades internas e externas.

O uso de nuvens de pontos obtidas através de fotografias coletadas com RPA é uma das principais técnicas utilizadas na literatura para monitoramento do progresso externo de obras. Os resultados obtidos nesse estudo demonstram que é possível complementar tais abordagens utilizando câmeras 360° para monitoramento dos principais cômodos dentro dos apartamentos em menos de dois minutos, o que permitiu capturar o estado atual em um apartamento por andar no interior dos edifícios.

No método desenvolvido, o armazenamento em um ambiente digital de nuvens de pontos e fotografias 360º de acordo com data e local em que foram obtidos permite que o usuário verifique o status da construção em um período desejado de forma simples. A comparação entre fotografias 360º ou nuvens de pontos e o modelo BIM 4D possibilita que o processo tradicional de aferição do progresso das atividades possa ser realizado com menos visitas ao campo, tornando esse processo menos exaustivo fisicamente e mentalmente, além de mais confiável, uma vez que foi realizado com base em dados que podem ser acessados sempre que for necessário.

Através da avaliação realizada, pode-se citar como as principais vantagens do método o seu elevado potencial para identificar desvios de progresso da obra, proporcionando, de forma simples e rápida, o entendimento do status do progresso por todos os envolvidos. Características da câmera 360º identificadas ao longo do estudo, tais como rapidez da coleta, facilidade de uso, baixo custo e boa qualidade da imagem, permitem caracterizar as câmeras 360º como ferramentas de captura da realidade de baixo custo para realização de levantamentos rápidos. O método concebido no presente estudo também se diferencia dos demais existentes na literatura por permitir, com as tecnologias propostas, a identificação e análise de problemas de qualidade que levam à falta de terminalidade na execução dos serviços. Como contribuição final, pode-se citar o desenvolvimento de recomendações e protocolo para orientar a adoção e implementação do método em contextos reais.

No método desenvolvido buscou-se criar uma interação entre o ambiente digital e o ambiente físico proporcionada através de dados visuais da obra coletados por RPA e câmera 360º. A dinâmica dessa interação se deu através de um fluxo de dados do ambiente físico para o digital realizado em tempo hábil. Com base nessas características e nas definições de gêmeo digital, sombra digital e modelo digital, o artefato desenvolvido pode ser caracterizado como um modelo digital com as capacidades de realizar simulações e refletir aspectos do presente e passado da entidade física.

7.CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo propor um método para o monitoramento visual do progresso de obras para acompanhamento de atividades internas e externas, utilizando BIM, RPA e câmera 360º. O método inclui processos, produtos e agentes facilitadores que atuam no sistema físico ou no digital. A ponte entre os dois sistemas ocorre através dos dados visuais coletados através de RPA e câmera 360º. Um outro tipo de análise que pode ser feita através do método proposto diz respeito a problemas de falta de terminalidade na execução dos serviços, que muitas vezes estão associados a falhas de inspeções de qualidade do produto.

O método foi avaliado com base nos seguintes constructos de pesquisa: potencial de impactar na identificação do progresso da obra, transparência, utilidade, facilidade de adoção e generalização. As variáveis relacionadas a cada um desses constructos receberam nota superior a 4, indicando que os participantes tiveram uma percepção positiva acerca dos efeitos da implementação do método na obra estudada. Dentre os pontos positivos citados pelos entrevistados estão a simplicidade, clareza e facilidade de visualização do progresso da obra, além da possibilidade de identificar perdas por falta de terminalidade nas atividades.

A câmera 360º se mostrou útil para o monitoramento do progresso, havendo potencial para aplicações voltadas para verificação da qualidade na execução dos serviços da obra. As fotografias 360º permitem

que os envolvidos no monitoramento da obra tenham uma visualização integral do ambiente, entendendo melhor o contexto do local onde foi realizada a captura. Além disso, no processo de coleta das fotografias 360º não é necessário apontar a câmera para uma direção específica, uma vez que uma única captura é realizada em segundos de forma integral. Essa facilidade de operação traz uma grande vantagem para as câmeras 360º em comparação com câmeras tradicionais, principalmente em obras com muitos ambientes internos, onde é necessário que se reduza ao máximo o tempo de coleta para que se possa monitorar o maior número de ambientes possível.

Preposição de pesquisa de mestrado: o presente trabalho foi desenvolvido pela autora ao longo do seu mestrado, culminando na sua dissertação.

8. REFERÊNCIAS

ÁLVARES, J. S.; COSTA, D. B. Construction Progress Monitoring Using Unmanned Aerial System and 4D BIM. In: 27th **Annual Conference of the International**. Group for Lean Construction (IGLC), 2019, Dublin, Ireland. p. 1445-1456.

BARAZZETTI, L.; PREVITALI, M.; RONCORONI, F.; VALENTE, R. CONNECTING INSIDE AND OUTSIDE THROUGH 360° IMAGERY FOR CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, XLII-2/W9, p. 87-92, 2019.

BRAUN, A.; TUTTAS, S.; BORRMANN, A.; STILLA, U. Improving progress monitoring by fusing point clouds, semantic data and computer vision. **Automation in Construction**, 116, 2020.

FANGI, G.; PIERDICCA, R.; STURARI, M.; MALINVERNI, E. S. IMPROVING SPHERICAL PHOTOGRAMMETRY USING 360 OMNI-CAMERAS: USE CASES AND NEW APPLICATIONS. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, XLII-2, 2018.

FORMOSO, C. T.; BØLVIKEN, T.; VIANA, D. D. Understanding waste in construction. In: TZORTZOPOULOS, P.; KAGIOGLOU, M., et al (Ed.). **Lean Construction - Core Concepts and New Frontiers**. London and New York: Routledge, 2020.

HAN, K.; DEGOL, J.; GOLPARVAR-FARD, M. Geometry- and Appearance-Based Reasoning of Construction Progress Monitoring. **Journal of Construction Engineering and Management**, 144, n. 2, 2018.

HUANG, R.; XU, Y.; HOEGNER, L.; STILLA, U. Semantics-aided 3D changes detection on construction sites using UAV-based photogrammetric point clouds. **Automation in Construction**, 134, 2022.

KIELHAUSER, C.; MANZANO, R. R.; HOFFMAN, J. J.; ADEY, B. T. Automated Construction Progress and Quality Monitoring for Commercial Buildings with Unmanned Aerial Systems: An Application Study from Switzerland **Infrastructures**, 5, 2020.

LOSÉ, L. T.; CHIABRANDO, F.; TONOLO, F. G. Documentation of Complex Environments Using 360º

Cameras. The Santa Marta Belltower in Montanaro. **Remote Sensing**, 13, n. 3633, 2021.

PANERU, S.; JEELANI, I. Computer vision applications in construction: Current state, opportunities & challenges. **Automation in Construction**, 132, 2021.

ROH, S.; AZIZ, Z.; PEÑA-MORA, F. An object-based 3D walk-through model for interior construction progress monitoring. **Automation in Construction**, 20, p. 66-75, 2011.

SUBRAMANIAN, P.; GHEISARI, M., 2019, Denver, Colorado. **Using 360-Degree Panoramic Photogrammetry and Laser Scanning Techniques to Create Point Cloud Data: A Comparative Pilot Study.**

XUE, J.; HOU, X.; ZENG, Y. Review of Image-Based 3D Reconstruction of Building for Automated Construction Progress Monitoring. **Applied Sciences**, 11, n. 7840, 2021.

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SISTEMA FV-SMART: INSPEÇÕES INTELIGENTES PARA ARMADURAS EM PEÇAS DE CONCRETO

Aluna: Brenda Kyssara do Rêgo Araújo
Orientador: Reymard Sávio Sampaio de Melo

RESUMO

Os elementos de concreto pré-moldado (ECPMs) são amplamente utilizados na indústria da construção, pois apresentam vantagens em relação às estruturas convencionais moldadas in loco. A qualidade das peças de concreto armado depende muito da colocação dos vergalhões durante a montagem da armação. O vergalhão é uma barra de reforço de aço. Ao construir ECPMs, é essencial garantir que dimensões e posicionamentos de aços estejam de acordo com o projeto antes do lançamento do concreto. Porém, a avaliação atual da qualidade da armadura depende da experiência individual do inspetor e é demorada. Tradicionalmente, realizam-se inspeções visualmente, com dispositivos de medição, como fitas. Ademais, é difícil inspecionar o espaçamento da camada inferior da esteira de vergalhões, devido ao acesso limitado. Necessita-se de um método de controle de qualidade eficiente, prático, livre de contato, que ajude a inspecionar rapidamente a conformidade com as especificações antes da concretagem. Estudos anteriores exploraram a tecnologia de detecção e alcance de luz (LiDAR) para realizar a inspeção sem contato durante a construção. Entretanto, poucos estudos têm focado na integração de tecnologias de baixo custo (por exemplo, câmera móvel), Modelagem da Informação da Construção (BIM) e aprendizado de máquina para inspeção da posição de vergalhões. Para solucionar esse problema, este estudo tem como objetivo desenvolver um método automatizado de inspeção de vergalhões, usando BIM e aprendizado de máquina. Este estudo adotará uma abordagem de ciência de design para desenvolver um algoritmo para comparar dados de vergalhões como construídos (capturados por câmeras móveis) a um modelo BIM de projeto.

Palavras-chave: vergalhão, inspeção, qualidade, armadura, verificação.

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

A Construção Civil é um amplo setor industrial do país e tem por objetivo auxiliar no desenvolvimento e bem-estar da sociedade, por meio de obras que interferem diretamente no dia a dia das pessoas, englobando desde infraestrutura, como estradas, integrações de modalidades de transporte e projetos de saneamento, a edificações, não só residenciais, mas também de saúde, de educação e lazer, por exemplo. Justamente por ter esse fim, o objetivo do construtor deve ser entregar um produto de alta qualidade, de modo que todo o sistema esteja em perfeito funcionamento e não haja surgimento de problemas futuros que tornem o uso da assistência técnica frequente e essencial, ao invés de servir como apoio, apenas quando necessário. Essa situação, além de gerar desgaste aos usuários, gera custos diversos para a empresa que precisa prover logística e equipe especializada para aplicação de diagnóstico, tratamento dos problemas identificados e atendimento ao cliente.

A forma mais comum de se aferir a qualidade dos processos é a Ficha de Verificação de Serviços (FVS), que é uma ferramenta de controle de qualidade que consiste em uma lista de critérios de aceitação do serviço executado e que precisa ser preenchida por um profissional capacitado e que possua conhecimento do modo de avaliação de cada um dos critérios.

Dentre os vários serviços dentro do processo construtivo, a montagem de armadura é uma etapa extremamente importante, já que o concreto não possui resistência significativa à tração, logo, montar adequadamente (com o correto diâmetro, dimensionamento e quantidade de barras e estribos, posicionados, espaçados e amarrados adequadamente, com a devida quantidade de espaçadores) garantirá um conjunto coeso, capaz de resistir a todos os esforços de tração para os quais a peça terá sido dimensionada. Ademais, existem duas importantes características que fazem necessária atenção redobrada com esta fase da produção: o fato de, após montada, a armadura seguir para a sequência de fôrma e concretagem e, finalizada esta última etapa, haver poucas possibilidades para correções posteriores, visto que a intervenção destrutiva dos elementos estruturais se tornaria a mais provável alternativa de reparo e o fato de o aço ser um recurso oneroso, não dando margem para desperdícios. Ou seja, a principal validação de controle sobre a posição do vergalhão é a inspeção conduzida antes da concretagem.

Considerando os problemas envolvidos na forma tradicional de verificação, sabe-se que ela é feita visualmente com dispositivos de medição, como fitas métricas, com a qualidade dependendo do treinamento de cada inspetor, além disso, há a dificuldade de examinar as camadas inferiores da armação, devido ao acesso limitado, uma vez que os aços são amarrados em diversas camadas. Há também a insegurança em que o inspetor é exposto ao ter que andar sobre armaduras, podendo, inclusive, afetar a integridade da peça (YUAN, et al., 2021).

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

O interesse no uso de tecnologia no setor da Construção Civil é crescente, mas ainda encontra dificuldades de implantação, por esta ser uma área extremamente artesanal. Ainda assim, existem alguns estudos de usos de tecnologias avançadas no ramo.

Wang, et. al. (2017) apresentou um estudo para estimativa da posição dos vergalhões na peça já concretada, usando varredura a laser colorida como entrada, mas com algumas limitações, como, por exemplo, o treinamento trabalhoso do modelo para o reconhecimento dos vergalhões, bem como a incapacidade da técnica de reconhecer outros problemas de qualidade dos vergalhões para além de posicionamento. Para a varredura foi usada a tecnologia LiDAR terrestre (montado com tripé).

Já Yuan et al. (2021) apresentaram o uso de um scanner LiDAR portátil, uma vez que, segundo eles, o LiDAR terrestre faz necessária a seleção manual de, pelo menos, três pontos com possíveis erros, que pode ser demorado e difícil para não especialistas. Tinham o objetivo de coletar dados de espaçamento de vergalhões de pré-moldados, possuindo como vantagens o fato de o sistema móvel poder digitalizar grandes áreas, de modo rápido e eficaz, alcançar regiões de acesso limitado e levarem menos tempo para processar arquivos, em relação ao LiDAR terrestre. Porém possuem a limitação de automatização apenas do posicionamento das armaduras. Por outro lado, Liu, et. al. (2022) propuseram um framework com inteligência artificial e BIM para fornecer, de modo automático, a resolução de conflitos de vergalhões em projetos tridimensionais de armadura em elementos de concreto pré-moldado. No entanto, o esforço realizado restringiu-se apenas às soluções em nível de projeto.

Já K. Mirzaei et al. (2023) apresentaram abordagens para inspeção da conformidade de obras estruturais de edifícios, mostrando o uso do scanner a Laser Terrestre como um método para acompanhar, ao longo do tempo, a qualidade geométrica dos elementos, verificando a progressão de danos, porém, apesar de ser uma pesquisa que utilizou a tecnologia LiDAR para inspeção de qualidade, limitou-se à inspeções de superfície sem entrar no detalhe das armaduras.

A partir do exposto acima, percebeu-se dificuldade em encontrar estudos relacionados no Brasil que utilizem a integração de tecnologias para melhoria de controle de qualidade, bem como se notou que este é um assunto ainda é pouco explorado, mesmo que em âmbito internacional. Nota-se também que os estudos internacionais trazem soluções para a qualidade, porém, com a limitação de sempre se utilizar de tecnologias de alto custo. Esta pesquisa pretende avançar em relação às demais justamente tentando integrar tecnologias para melhoria do controle de qualidade das armaduras, porém, utilizando alternativas de tecnologias de baixo custo, ampliando o número de possíveis usuários, isto é, não só obras e fábricas de pré-moldados de grande porte, mas também as de portes menores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ferramentas para controle da qualidade

2.1.1. Importância das ferramentas de controle da qualidade

Sousa; Rocha (2021) apud Machado (2016) afirmam que a busca por qualidade e formas de administrar a produção propiciaram o surgimento das ferramentas da qualidade, com o objetivo de definir, mensurar, além de analisar e servir como oportunidade de proposição de soluções para falhas que influenciem no processo, a partir da obtenção de dados robustos a respeito da produção.

A ISO 9001 (Requisitos – Sistema de Gestão da Qualidade) traz no item 8.5.2 Identificação e rastreabilidade, a abordagem de que a organização deve usar meios adequados para identificar as saídas, sempre que necessário, para garantir a conformidade de produtos e serviços. Além disso, também afirma que a organização deve identificar a situação dessas saídas com relação aos requisitos de monitoramentos e medição durante toda a produção e provisão do serviço, controlando a identificação das saídas quando a rastreabilidade for um requisito, retendo a informação documentada.

2.1.2. Ficha de Verificação de Serviço (FVS)

As Fichas de Verificação de Serviços são registros que auxiliam na garantia do atendimento aos padrões de qualidade previamente definidos pelas normas técnicas, ou seja, funciona como um checklist constituído pelos parâmetros a serem verificados ao longo do acompanhamento de cada etapa do serviço (JUNIOR, 2017). Apesar de o objetivo inicial da FVS ser apenas o acompanhamento e não a análise, ela gera informações que direcionam ao problema verificado no processo e, por isso, a boa verificação e controle ajuda a evitar custos desnecessários com retrabalho, ajustes e adequações que geram perda de tempo e recursos financeiros (JUNIOR, 2017, apud Oliveira, 2014).

2.2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZADO DE MÁQUINA

2.2.1. Histórico e Conceito

A Inteligência Artificial (IA) é uma das ciências mais recentes, cujo início se deu após a Segunda Guerra Mundial, abrangendo muito subcampos, atualmente, tendo como objetivo, sistematizar e automatizar tarefas intelectuais.

Gomes (2010) apud. Russel; Norvig, 2004 apontam que a IA passou, inicialmente, por pesquisadores que propunham modelos de neurônios artificiais a aplicações como o DENDRAL, que representou o primeiro sistema bem-sucedido de conhecimento intensivo, cuja habilidade derivava de um numeroso conjunto de regras de propósito específico. Segundo ele, o primeiro sistema especialista comercial bem-sucedido, o R1, iniciou a operar na Digital Equipment Corporation (DEC), contribuindo para configurar pedidos de novos sistemas de computador.

Santos; Izbicki (2021), abordam que o Aprendizado de Máquina (AM) surgiu na década de 60 como um ramo da IA, com o objetivo de aprender padrões com base em dados, sendo que suas aplicações, originalmente, eram de cunho estritamente computacional. Mas, desde o final dos anos 90, tem sido uma área de expansão que começou a se estabelecer como um campo de pesquisa por si mesmo, tendo muitas intersecções com a área estatística.

2.2.2. Tipos de Inteligência Artificial e Técnicas de Aprendizado de Máquina

De acordo com Ludermir (2021) existem três tipos de IA: a IA Focada, a Generalizada e a Superinteligente. Ela aborda que a Focada, também conhecida como fraca, consiste num algoritmo que foi feito para a solução de um problema específico, isto é, possui um sistema com grande armazenamento de dados, porém, tais dados são sobre uma única área, à qual despertou o interesse na criação do algoritmo, fazendo ele ser capaz de realizar determinada tarefa complexa, mas, geralmente, não podendo ser aplicado numa situação distinta. Já a IA Generalizada, também conhecida como IA forte, consiste em algoritmos que podem ser comparados a humanos no desenvolvimento de muitas tarefas e, geralmente, utiliza técnicas de AM como ferramenta. Por fim, a IA Superinteligente possui algoritmos que apresentam capacidade superior à dos humanos no desenvolvimento de, praticamente, todas as tarefas, mas, esse tipo de inteligência ainda não existe, tampouco sabe-se ser possível sua criação. A autora diz que as técnicas de AM são direcionadas, ou seja, aprendem automaticamente, a partir de grandes volumes de dados.

Existem 3 tipos de aprendizagem de máquina: a supervisionada, não supervisionada e por reforço. A supervisionada aprende a prever a saída a partir de dados fornecidos como entrada, ou seja, há um treinador que apresenta à rede uma entrada específica que terá sua saída obtida por meio de cálculos efetuados com os pesos que a rede possui. Isso se repete até que se atinja uma taxa de acerto satisfatória para os pares de entrada e saída gerados. Já a aprendizagem não supervisionada não necessita de saídas desejadas porque o próprio algoritmo as descobre e, portanto, não depende de treinadores, isto é, para o treinamento da rede usam-se apenas os valores de entrada como elementos de classificação, enquanto os neurônios funcionam como os próprios classificadores. Por fim, na aprendizagem por reforço, o sistema enfrenta uma situação, valendo-se de tentativa e erro para encontrar soluções ao problema, recebendo recompensas ou penalidades para cada ação tomada, ou seja, isso maximiza a recompensa total (MAGALHÃES, 2012).

2.3. TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

2.3.1. *Uso de TICs na Gestão da Qualidade da Construção Civil*

Para gerenciar um empreendimento, os métodos tradicionais já não são mais suficientes, pois não permitem que o gestor tenha um controle satisfatório de todas as informações geradas entre os agentes intervenientes, tornando-se indispensável a utilização de sistemas de informações que supram as necessidades (BOES; PATZLAFF (2016) apud. NASCIMENTO; SANTOS, 2008).

De acordo com Pasdiora (2021) apud (Schwab, 2016), a digitalização na construção civil está ligada ao que pode se chamar de Quarta Revolução Industrial, que representa a inserção de novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo que alteram as estruturas sociais e sistemas econômicos.

2.3.2. *Modelagem da Informação da Construção no Controle da Qualidade*

O Building Information Modeling, conhecido como BIM é um sistema que simula e otimiza processos de planejamento e construção a partir de modelos digitais, reunindo num único modelo todas as informações que são interligadas por relações paramétricas, CAFMALI, Sara (2018) apud (ROKOOEI, 2015).

O crescimento do uso do BIM em campo está diretamente relacionado ao avanço das tecnologias de dispositivos móveis. A interoperabilidade é uma característica do BIM e é definida pela troca de dados entre aplicações. A capacidade de interoperabilidade de um software permite a redução de desperdícios, custos de comunicação, contribuindo para o aumento da confiança da informação, PASDIORA, Livia (2021).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Essa pesquisa será desenvolvida através da metodologia Design Science Research (DSR) por se tratar de uma pesquisa que terá como objetivo desenvolver um artefato (método) em um dado ambiente real. Enquanto a Design Science é a base epistemológica, a DSR é o método que implementa a criação de conhecimento em um contexto e foi amadurecida como uma abordagem de pesquisa no campo da tecnologia da informação.

O objetivo final desse conhecimento é projetar soluções para problemas complexos e relevantes no contexto específico de design, produção e operação do ambiente construído (VOORDIJK, 2009). Portanto, a justificativa para selecionar a DSR como método de pesquisa reside em seu objetivo final de desenvolver conhecimento válido e confiável para ser usado no design de soluções para problemas (VAN AKEN, 2004), contribuindo para a prática e teoria da disciplina em que se aplica (LUKKA, 2003). A design science oferece prescrições e cria artefatos que incorporam essas prescrições. Segundo March e Smith (1995), dentre os principais tipos de produtos ou artefatos da pesquisa em ciência do design está a Instanciação: a realização de um artefato em seu ambiente. As instanciações operacionalizam construções, modelos e métodos.

Diante disso, a seguir é apresentado o delineamento escolhido para o projeto de pesquisa, envolvendo cinco etapas distintas: conscientização do problema, proposição do artefato, desenvolvimento, avaliação e conclusão.

ETAPA 1: Identificação e conscientização do problema

Nesta etapa será realizada uma Revisão da Literatura que consiste numa investigação acerca de uma questão definida, com o objetivo de identificar, selecionar, avaliar e sintetizar o conhecimento que já existe a respeito do tema.

A conscientização do problema se dará também pela investigação do problema prático por meio da participação em reuniões de Análise Crítica da empresa em estudo e visitas a uma fábrica de peças pré-moldadas de concreto armado para acompanhamento de armaduras.

ETAPA 2: Proposição do artefato para resolução do problema

Esta etapa é realizada utilizando como base o método científico abdução, devido ao fato de o pesquisador utilizar essencialmente sua criatividade e seus conhecimentos prévios para transformar o conhecimento descritivo em princípios para a construção do artefato (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

ETAPA 3: Desenvolvimento do artefato

Serão realizados 2 estudos exploratórios para caracterizar atividades e requisitos para inspeção automatizada de vergalhões integrando tecnologias. Serão testadas soluções para aquisição de dados com câmera móvel. Será desenvolvido algoritmo de IA para comparação de dados visuais com modelo BIM de projeto.

O desenvolvimento do artefato se dará pela sequência de atividades a seguir:

1. Seleção de obra de baixa complexidade, atendida pela unidade fabril de pré- moldados;
2. Desenvolvimento do modelo BIM das armaduras da obra selecionada na atividade 1;
3. Criação do banco de dados visuais para treinamento de algoritmo de classificação a ser criado;
4. Criar um modelo de visão computacional;
5. Integrar o modelo criado na atividade 4 com o modelo BIM desenvolvido na atividade 2, a partir do desenvolvimento de algoritmo de IA;
6. Treinar o modelo para classificação automática de erros por meio da comparação das imagens capturadas na atividade 3 com o modelo BIM da armadura desenvolvido na atividade 2;
7. Emitir FVS digital em uma plataforma web.

ETAPA 4: Avaliação do artefato

Na quarta etapa, denominada de avaliação, os pesquisadores vão observar e medir o comportamento do artefato na solução do problema. O principal objetivo da avaliação observacional é verificar como se comporta o artefato, em profundidade e em um ambiente real.

ETAPA 5: Conclusão

A conclusão constitui a última fase da pesquisa construtiva. Nela, é realizada a síntese das principais contribuições práticas e teóricas do artefato desenvolvido, além de justificar a contribuição do trabalho para a classe de problemas na qual o artefato está inserido (LACERDA et al., 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. IDENTIFICAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO DO PROBLEMA

A revisão da literatura durou ao longo de toda a pesquisa, como já mencionado e envolveu a localização, análise, sintetização e interpretação das ideias encontradas, bem como a investigação da área de estudo, por meio de periódicos, publicações, livros e outras fontes (SILVA, 2023 apud CARDOSO et al., 2010; BENTO, 2012). Além disso, houve a investigação do problema prático que se deu pela participação em algumas reuniões, dentre elas, as de Análise Crítica da empresa CC, uma construtora, juntamente com a leitura das atas e documentos, com resultados desde o ano de 2019, respectivo a 2018, até o ano de 2023, respectivo a 2022. Por fim, também se participou de uma reunião de brainstorming feita com a alta liderança e partes interessadas no processo de verificação de serviços nas obras. Desse modo, o estudo buscou responder às seguintes perguntas: “Como integrar os ativos visuais de armaduras de peças de concreto com modelos BIM e algoritmos de IA visando à automatização do processo de controle de qualidade durante a execução?”; “Qual a técnica de IA mais adequada a partir do uso de dados visuais?” e “Qual é o método para automatizar o processo de inspeção de armaduras, utilizando recursos visuais?”

4.2. PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

A partir do método científico abduutivo, entendeu-se como artefato capaz de sanar o problema apresentado neste estudo um aplicativo que fosse portador de uma IA desenvolvida para comparar as imagens de armaduras montadas, capturadas por dispositivo móvel, com a modelagem delas em BIM, gerando o preenchimento automático de FVS de armação, com seus critérios preenchidos devidamente avaliados.

4.3. DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

4.3.1. Estudo exploratório 1: testes de soluções para aquisição de dados com câmera móvel

Para os testes desta etapa foram escolhidas duas formas de captura, tanto por fotografia quanto por escaneamento de aplicativo 3D, em ambos os casos para comparação direta com a modelagem BIM. Com isso, pretendeu-se entender qual o modo mais eficaz de capturar e comparar com fidelidade o objeto real.

O levantamento se deu a partir da captura de imagens de armaduras por meio de um dispositivo móvel, smartphone modelo Samsung Galaxy S10 Plus, com 3 câmeras traseiras, com 12Mp + 16Mp + 12Mp, respectivamente, com 4000 x 3000 pixel e sensor de tamanho 1/2.55" + 1/3.6". A mesma câmera se deu no uso de fotografias com o próprio dispositivo móvel, como também no uso do aplicativo Polycam, que usa tecnologia LiDAR.

4.3.2. Estudo exploratório 2: desenvolvimento de algoritmo de IA

Os estudos para tentativa de desenvolvimento do algoritmo baseiam-se na equação conhecida como Índice de Similaridade Estrutural, que considera índices de contraste, luminância e similaridade entre duas imagens ao serem comparadas. Esse estudo ainda está sendo realizado para maior aprofundamento e busca de resultados.

Conforme exposto, o desenvolvimento do artefato se dará pela sequência das atividades detalhadas a seguir:

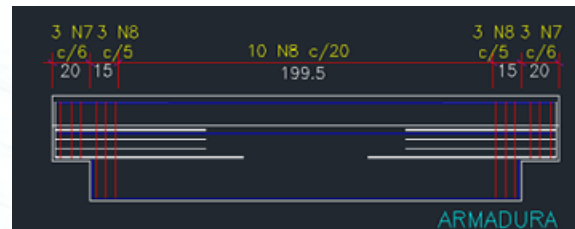
4.3.2.1. Obra de estudo

A empresa escolhida para acompanhamento de armaduras CPF, pertencente ao Grupo GC e o surgimento da unidade CPF foi em 2012, constituída de duas fábricas, a de pré-fabricados de pequeno porte e a de grande porte, sendo a última, o campo de desenvolvimento deste trabalho, pois possui como escopo de produção, peças como, vigas, pilares, sapatas, lajes e outros exemplos que configuram armações em concreto.

As armaduras são feitas em espaços destinados à equipe de armação, de modo que depois as peças possam ser içadas pelos pórticos até sua respectiva fôrma metálica para, a partir de então, iniciar o processo de concretagem. Esta linha de produção, própria de uma fábrica, com as etapas bem definidas entre si, cria um ambiente controlado, motivando a escolha da unidade para o desenvolvimento do estudo em questão.

A obra cliente da CPF e escolhida para estudo foi a RJ, um empreendimento residencial, composto por 24 casas geminadas, com variadas peças no escopo de produção, como vigas e pilares, dentre as quais, escolheu-se a viga 202 – S3, que é uma das menores peças e com taxa de aço baixa.

Figura 1: Projeto de armação da viga 202 – S3

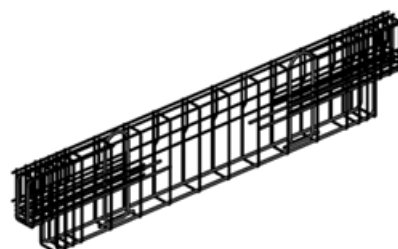


Fonte: Projeto de armação – Obra RJ (2022)

4.3.2.2. Modelo BIM da armadura escolhida

Para comparação com as imagens capturadas, fez-se necessária a modelagem da peça estudada em 3D no software Revit, da AutoDesk. A modelagem foi realizada pelo outro aluno selecionado para as bolsas disponibilizadas para financiamento deste projeto de pesquisa pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), como incentivo à realização de Trabalhos de Conclusão de Curso com temas voltados à Inteligência Artificial.

Figura 2: Modelagem de armação da viga 202 – S3



Fonte: Projeto de armação – Obra RJ (2022)

4.3.2.3. Criação do banco de dados visuais

Esta atividade teve como objetivo criar uma base de dados com o maior número possível de imagens. Nesta etapa foram feitos registros de diversas armaduras e não só da viga 202-S3, para que se entendesse a melhor forma de se capturar o objeto armadura em si, segundo critérios de ângulo, iluminação e distanciamento, por exemplo. Por isso, as imagens foram feitas tanto em obras de livre acesso da autora quanto na fábrica CPF.

Os testes por fotografia podem ser verificados nos exemplos de imagens a seguir:

Figura 3: Armadura ao ar livre



Fonte: A autora (2023)

Figura 4: Armadura com plano de fundo branco



Fonte: A autora (2023)

Os testes por escaneamento 3D podem ser verificados nos exemplos de imagens a seguir:

Figura 5: Scanner da V202 - S3



Fonte: A autora (2023)

Figura 6: Scanner de peça da CPF



Fonte: A autora (2023)

Os testes mostraram que, nas fotografias realizadas, quanto mais distante da armadura, menos se veem os detalhes que serão importantes na comparação com a modelagem em 3D. Quanto ao escaneamento com a tecnologia LiDAR do aplicativo Polycam, foi possível notar que, quanto menor a bitola do aço, menos consegue-se captar e que, por menor que seja a interferência externa à armadura, qualquer outro objeto no local também é captado.

4.3.2.4. Criação de modelo de visão computacional

Esta atividade ainda está em aprofundamento, mas tem como base para os registros fotográficos o uso da plataforma Custom Vision, que é uma ferramenta da Microsoft capaz de classificar imagens, a partir do aprendizado fornecido pelo operador. Foram realizados testes para classificação de itens como Amarração que não depende propriamente do projeto para ser avaliado na FVS.

Figura 7: Métricas em testes no Custom Vision

Fonte: A autora (2023)

4.3.2.5. Integração do modelo de visão computacional com a modelagem BIM

Esta atividade ainda está em estudo.

4.3.2.6. Treinamento do modelo para detecção automática de erros

Esta atividade ainda está em estudo para aplicação na comparação entre imagens reais e da modelagem, mas já sendo utilizado, conforme explicitado anteriormente, o Custom Vision para detecção de critérios que não dependem de projetos, como a Amarração das barras e estribos.

Figura 8: Amarração das barras

Fonte: A autora (2023)

Figura 9: Falta de amarração das barras

Fonte: A autora (2023)

4.4. AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Como o artefato ainda está em desenvolvimento, não há avaliações significativas a serem consideradas.

4.5. CONCLUSÃO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ARTEFATO

Serão obtidas conclusões a partir das avaliações do item anterior.

5. CONCLUSÃO

Entende-se que todo o estudo que está em andamento e foi acima exposto valida-se com as justificas apresentadas para o aprimoramento da verificação do aço, isto é, entende-se como um tema pertinente a ser estudado, de modo a garantir maior confiabilidade da inspeção e, por isso, iniciou-se a proposta de um sistema que qualifique melhor este processo. Isto é, o desenvolvimento de um protótipo de sistema de qualidade que integre a inteligência artificial com o uso da modelagem da informação da construção, a partir de um banco de dados de imagens de armaduras, para fins de identificação automática de erros de montagem dos vergalhões, garantindo um método de controle da qualidade mais objetivo, sem contato do inspetor e ajudando-o a realizar a verificação de modo mais rápido.

6. REFERÊNCIAS

LIU, Yan et al. **Quality control for offsite construction: review and future directions.** *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 148, n. 8, p. 03122003, 2022.

MIRZAEI, Kaveh et al. **End-to-end point cloud-based segmentation of building members for automating dimensional quality control.** *Advanced Engineering Informatics*, v. 55, p. 101878, 2023.

PASDIORA, Livia. **BIM e realidade aumentada como suporte na gestão da qualidade na construção civil.** Acesso em 20 Jan. 2023.

SILVA, Alisson, (2023). **Método para reconhecimento automatizado de manifestações patológicas na execução de fachadas com uso de drones e aprendizado de máquina.** Acesso em 20 Jan. 2023.

WANG, Qian. CHENG, Jack C. P.; SOHN, Hoon. **Automated Estimation of Reinforced Precast Concrete Rebar Positions Using Colored Laser Scan Data**, 2017.

YUAN, Xinxing; SMITH, Alan; SARLO, Rodrigo, D. LIPPITT, Christopher, MOREU, Fernando. **Automatic evaluation of rebar spacing using lidar data.** Acesso em 20 Jan. 2023.

APLICABILIDADE DE CONTRATO INTELIGENTE NO PAGAMENTO DO CONCRETO DE PAREDES MOLDADAS IN LOCO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

Alunos: Débora Lins Piccoli e Felipe Soares Trebino

Orientador: Reymard Sávio Sampaio de Melo

RESUMO

Na construção civil, os processos de pagamento de serviços ainda dependem de métodos manuais com pouca confiabilidade e rastreabilidade das informações. Este artigo sugere melhorias no processo atual de pagamento do concreto de paredes moldadas in loco com o apoio de BIM e Blockchain. O estudo de caso foi o método de pesquisa utilizado. Primeiramente, desenvolveu-se um fluxograma AS-IS, para descrever o processo de pagamento atual e foram identificados os principais desafios para gestão das informações. Em seguida, propôs-se um estado futuro, através da elaboração de um fluxograma TO-BE. O processo proposto integra a tecnologia Blockchain a um modelo BIM federado para gerir os dados de validação da qualidade e de pagamento do concreto. Os resultados parciais sugerem que a aplicabilidade de contratos inteligentes é promissora na otimização do fluxo de pagamento existente, diminuindo prazos do processo e possíveis falhas de comunicação.

Palavras-chave: Blockchain; BIM; Pagamento; Concreto; Construção Civil.

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de uma obra lida com um grande volume de informações. Muitas dessas são suscetíveis a uma variedade de fatores que podem representar um conflito de interesses às partes envolvidas, sendo de extrema necessidade garantir a sua veracidade. Na construção civil, os processos de pagamento de serviços ainda dependem de métodos manuais com pouca confiabilidade e rastreabilidade. Tais métodos consomem tempo e esforços que poderiam ser preservados, através da automatização e digitalização de processos.

As vantagens quanto à aplicação da Blockchain, contratos inteligentes e modelo BIM foram verificadas por estudos anteriores. Chong et al (2020) desenvolveram um novo fluxo de trabalho a partir da integração dessas tecnologias, para resolver questões de segurança de pagamentos, como disputas contratuais, insolvência e atrasos na construção. Hamledari et al. (2021) observaram, através de uma série de experimentos controlados, que o uso de contratos inteligentes melhorou a precisão e a integridade das informações em mais de 200%. Verifica-se que a Blockchain é uma tecnologia com potencial de diminuir erros e, dessa forma, acredita-se que possa otimizar prazos e, consequentemente, diminuir custos.

Contudo, ainda há barreiras para sua adoção em larga escala, incluindo questões de segurança, regulamentação e interoperabilidade. Sigalov et al. (2021) indicam que a integração de contratos inteligentes na construção apresenta um desafio jurídico, devido à falta de precedentes e regulamentos legais. Hamledari et al. (2021) indicam que a autonomia de pagamentos exige um afastamento dos

fluxos de trabalho manuais e altamente intermediários de hoje. Dantas et al. (2022) sugerem que, apesar da integração de BIM-Blockchain apresentar potencial para a digitalização de processos, ainda há uma lacuna de estudos que avaliam a aplicabilidade de arquiteturas de sistemas na fase de construção da edificação. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo sugerir melhorias ao processo atual de pagamento de concreto de paredes moldadas in loco com o apoio de BIM e Blockchain.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Blockchain é uma tecnologia emergente que, nos últimos anos, ganhou força em vários setores, incluindo construção civil (Brandín e Abrishami, 2021). Representa um livro razão distribuído, possuindo diversos benefícios no que diz respeito à segurança de dados, como autonomia, transparência, imutabilidade, auditabilidade e eficiência na gestão. Pode aumentar efetivamente a confiabilidade dos dados e automação de diversos processos, como pagamentos e gerenciamento de informações.

A tecnologia Blockchain funciona através da criação de contratos inteligentes, acordos digitais autoexecutáveis que podem verificar e aprovar transações quando protocolos específicos são atendidos. Por exemplo, um contrato inteligente pode ser criado para automatizar o pagamento de fornecedores de materiais quando as entregas forem confirmadas. Dantas et al. (2022) indicam que a associação de Blockchain e contratos inteligentes com o modelo BIM possibilita a automatização com base no cumprimento de demandas, criando um sistema que evitará atrasos e falta de pagamento.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Os estudos de caso são úteis para entender as aplicações práticas de determinada tecnologia e como ela pode ser explorada para resolver problemas do mundo real. De modo a garantir a qualidade e o rigor na condução do estudo de caso, os autores seguiram as boas práticas propostas por Araújo e Lucko (2022): definição do tipo, critérios descritivos, amostragem, tipo de dados, validação e generalização (Araújo e Lucko, 2022), conforme a Figura 1.

A primeira etapa consistiu na definição do tipo de estudo de caso. Nesta pesquisa, o estudo de caso é único. O objeto analisado é o processo de pagamento específico de uma única empresa, o que permite uma análise qualitativa mais aprofundada. É também um estudo com propósito avaliativo, pois busca avaliar a eficácia de uma dada solução por meio da comparação entre o estado atual e a proposta de estado futuro.

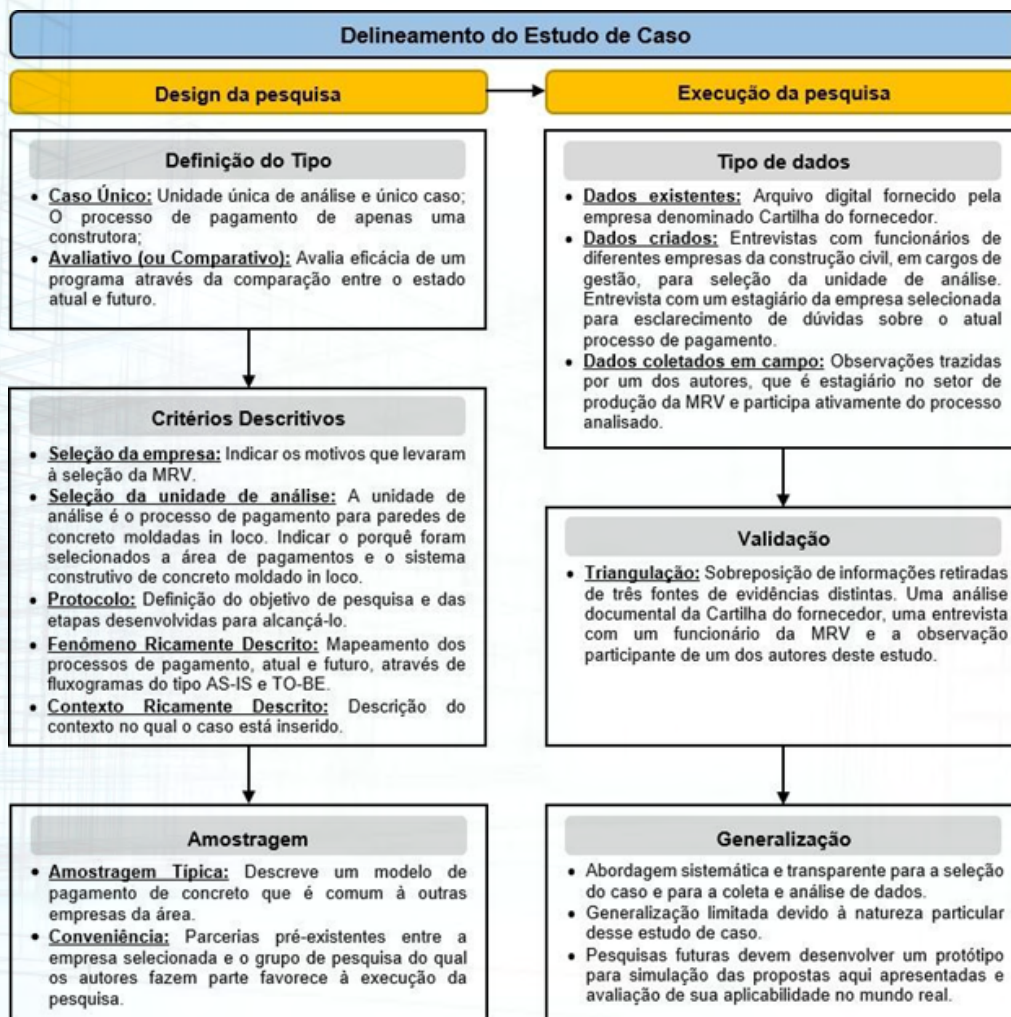
Na segunda etapa apresentam-se os critérios descritivos, que justificam por que esse caso particular foi explorado e oferecem ferramentas que permitem a replicação. São eles: critérios para seleção da empresa e da unidade de análise, protocolo, fenômeno e contexto ricamente descrito. A empresa selecionada trata-se de uma construtora de grande porte com mais de 40 anos de atuação no mercado e que já possui um histórico de parcerias com o grupo de pesquisa do qual os autores fazem parte. A área de pagamentos foi selecionada devido à demanda da indústria, verificada através de entrevistas. O sistema construtivo de paredes de concreto moldado in loco foi escolhido devido a maior quantidade de erros relacionados ao pagamento e possui a maior quantidade de recursos financeiros envolvidos.

Para condução do caso, três etapas foram necessárias: mapear o processo atual de pagamento (as-is), identificar os principais desafios e propor um estado futuro (to-be). Os fluxogramas AS-IS e TO-BE são ferramentas amplamente utilizadas para analisar e otimizar os processos e são etapas do Business Process Management (BPM).

A terceira etapa indica qual o tipo de amostragem realizada para o estudo do fenômeno de interesse. Aqui a amostra coletada é típica, pois descreve um modelo de pagamento que é comum no setor da construção. E de conveniência, devido à existência de parcerias entre a empresa e o grupo de pesquisa, o que favorece a coleta de dados e execução do estudo.

A quarta etapa especifica quais os tipos de dados. Eles podem ser existentes, criados ou coletados no campo. Um dado existente é um arquivo digital fornecido pela empresa, denominado Cartilha do Fornecedor. O documento explica qual o fluxo para emissão de notas fiscais e como acompanhá-lo. Os dados criados são os provenientes de entrevistas. Foram realizadas 5 entrevistas com funcionários em cargos de gestão de diferentes empresas de construção civil. Nelas foram coletados dados sobre qual área tem maior necessidade de automação, eficiência e segurança. O resultado foi a escolha de pagamentos como unidade de análise. Ainda foi realizada uma entrevista com um estagiário da empresa selecionada, na qual esclareceram-se dúvidas sobre o pagamento. Os dados coletados em campo são informações provenientes da observação participante de um dos autores, que atualmente realiza estágio na empresa em estudo e participa diretamente do processo analisado.

Figura 1: Delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores.

A etapa de validação ocorreu ao longo de todo o estudo. Segundo Araújo e Lucko (2022), ela consiste em aplicar técnicas que garantem que os resultados sejam significativos para a pesquisa (validade interna) e que possam ser aplicados em outros contextos (validade externa). Esse estudo utiliza a técnica da triangulação, através da sobreposição de informações retiradas de três fontes de evidências distintas, uma análise documental, entrevistas com funcionários e a observação participante de um dos autores.

A última etapa é a de generalização, que consiste na capacidade de replicação da pesquisa em outros contextos. Esse estudo adotou uma abordagem sistemática e transparente para a seleção do caso e para a coleta e análise de dados. Devido à natureza particular de um caso único e específico para pagamento de concreto de uma empresa brasileira, a generalização é limitada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTADO ATUAL DO PROCESSO DE PAGAMENTO DE CONCRETO

O atual processo de entrega e pagamento do concreto se inicia no setor de suprimentos, onde existe a negociação e o cadastramento dos itens a serem utilizados pela obra. Após toda a validação de contrato, materiais e serviços a serem prestados pela concreteira, há a liberação para a obra. Após essa liberação, a obra requisita o concreto e recebe de forma física as notas, que contém informações de preço, traço, local, horário de saída da usina e horário de entrega. Nessa nota, tanto o fornecedor quanto o contratante devem guardar a conferência e cobrança no final da janela de medição. No momento da entrega, o laboratório de qualidade verifica as informações do concreto entregue para liberação. Em caso positivo, ele é liberado para uso dentro da obra, em caso contrário, o concreto é recusado e deve voltar para a central.

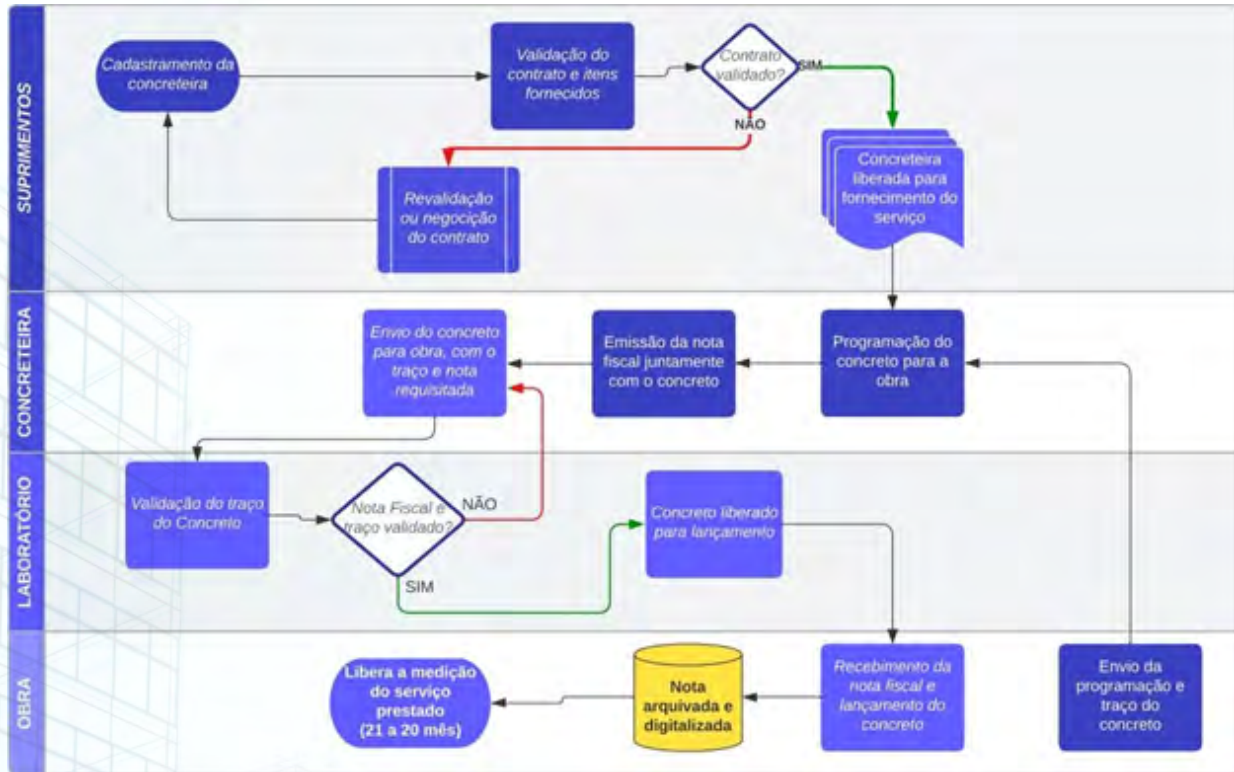
Finalizada a janela de medição, no dia 20 do mês seguinte, o fornecedor deve enviar para a obra de forma física e via e-mail, a medição do concreto, com informações detalhadas sobre quais foram as notas, quais metragens e quais traços foram utilizados nesta janela. Após a obra conferir se isso está condizente com o serviço prestado, é gerada uma ordem de compra, no máximo até o último dia útil deste mesmo mês. Após a criação do pedido, associado à medição enviada pelo fornecedor, a obra envia-o para o setor de notas fiscais protocolado para liberação de pagamento, que deve ser enviado até o quinto dia útil do mês subsequente.

Todo o estado atual do processo descrito acima pode ser observado nas figuras 2 e 3. O fluxograma AS-IS foi separado em duas imagens, a primeira descreve o processo de fluxo de liberação de pagamento, enquanto a segunda representa o fluxo de pagamento de notas fiscais.

O processo de pagamento de concreto de paredes moldadas in loco é crucial para o sucesso de obras que utilizam este método construtivo, mas enfrenta diversos desafios que podem prejudicar a eficiência e os prazos. Os principais desafios incluem a comunicação limitada pelo uso exclusivo de e-mails para consenso e correções, a grande quantidade de documentos físicos gerados durante o processo, a demora na aprovação do concreto e o retrabalho na comprovação do lançamento de pagamento, exigindo duplicação de protocolos.

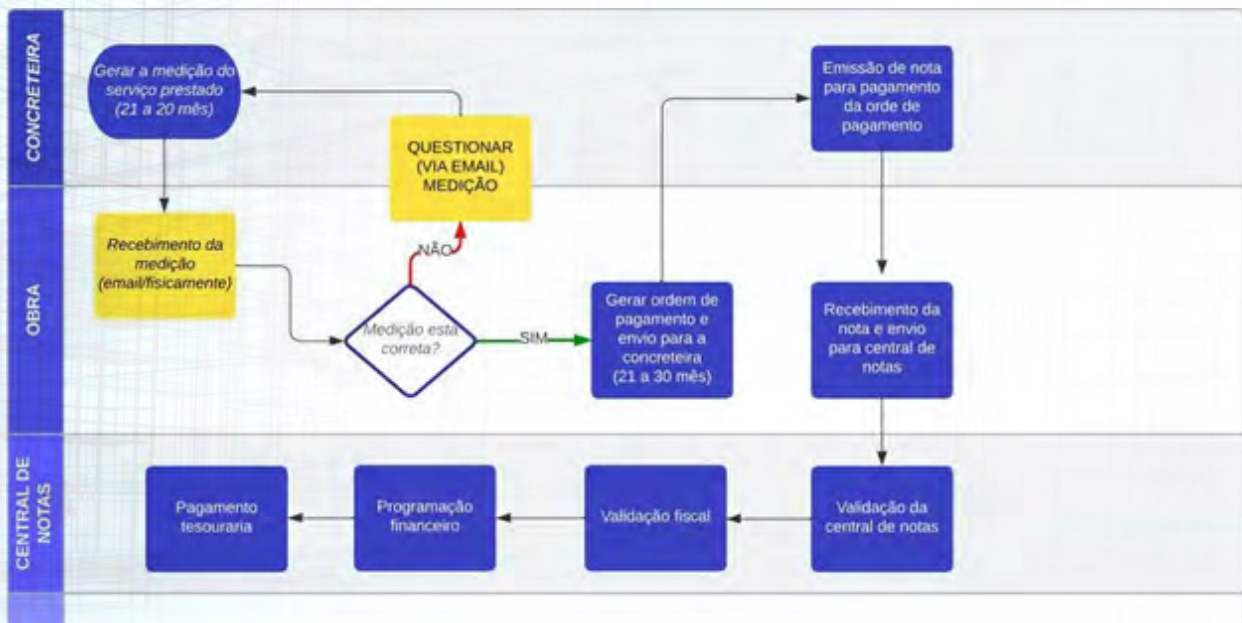
Para superar tais dificuldades, é recomendado investir em tecnologias de digitalização de documentos, automatizando o recebimento e gestão das notas fiscais. Além disso, agilizar o processo de aprovação do concreto e adotar mecanismos de comunicação mais eficientes que contribuirão para a conclusão mais rápida e bem-sucedida das obras utilizando este sistema construtivo.

Figura 2: Fluxograma (AS-IS) do estado atual do processo de pagamento de concreto



Fonte: Os autores.

Figura 3: Fluxograma (AS-IS) do estado atual do processo de pagamento de notas fiscais



Fonte: Os autores.

4.2 ESTADO FUTURO DO PROCESSO DE PAGAMENTO DE CONCRETO

A partir das considerações anteriores, foi proposto um novo fluxograma, que representa o estado futuro do processo. As alterações propostas se baseiam principalmente na integração da rede Blockchain e do modelo BIM. Além de propor a substituição integral do método de consenso anterior e incluir sistemas proprietários como canal de comunicação entre as organizações.

As organizações mencionadas no fluxograma AS-IS mantêm-se as mesmas para o TO-BE: a concreiteira, o laboratório de controle de qualidade, a subempreiteira e quatro setores internos da construtora: suprimentos, produção, validação de notas fiscais e Departamento de Assistência ao Empregado (DAE). Nota-se uma semelhança nos fluxogramas devido à natureza do processo estudado, pois o processo de pagamento envolve diversos atores e produz vários documentos essenciais para a efetivação do pagamento seguindo um fluxo de operações que, em sua maioria, não podem ser excluídas. O que resta é melhorar a eficiência do processo, assim como trabalhar para que ele seja realizado nas melhores condições possíveis.

O fluxograma foi dividido nas figuras 4 e 5, a primeira representa o fluxo de liberação de pagamento e a segunda o fluxo de pagamento das notas fiscais. Foi indicado o canal e o método de consenso no qual os processos são efetuados, quase sempre ocorrendo através de um contrato inteligente da Blockchain e por um sistema proprietário. Além disso, foram adicionadas representações dos processos que geram documentos, cada um com uma identificação única, por fim, foi adicionada a representação de atualizações no modelo BIM. Os processos do segundo fluxograma possuem uma generalização, ou seja, um mesmo processo que ocorre para as três organizações, iniciado pelo recebimento da nota fiscal e seguido do envio para a obra, gerando uma nota fiscal, que será armazenada, conforme descrito no fluxo AS-IS.

Um dos grandes desafios identificados foi o método de consenso, que, além de registrar as operações e documentos enviados, é o canal de comunicação entre as organizações e setores internos da construtora. A principal proposta é substituir por completo o uso de email, utilizando como novo método de consenso registros na Blockchain feitos a partir de contratos inteligentes, que são imutáveis e auditáveis, observados nos fluxogramas a partir das setas em azul.

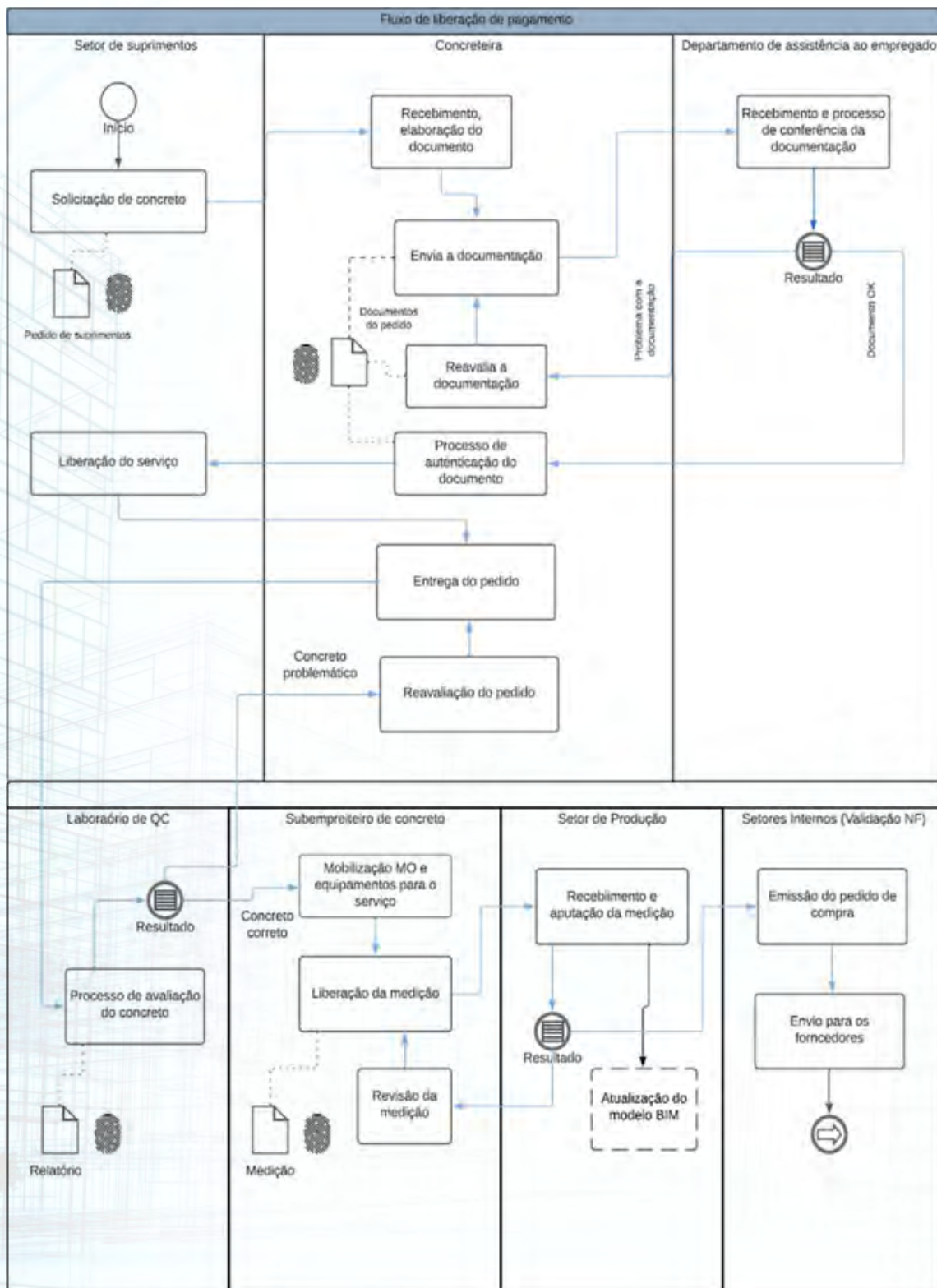
Este fluxograma foi pensado para ser executado utilizando-se a rede Blockchain privada Hyperledger Fabric (HLF), com certas particularidades que contribuem diretamente para o funcionamento do processo de pagamento estudado. Algumas dessas incluem governança distribuída, consenso por contrato inteligente ou chaincode no HLF, além de ser escalável com a possibilidade de incluir ou excluir organizações (Zhao et al., 2023), (Hijazi et al., 2022).

A governança distribuída refere-se ao processo de tomada de decisão descentralizada que ocorre entre os participantes da rede. Isso é diferente de uma rede Blockchain tradicional, que possui governança centralizada. Na distribuída, as organizações têm voz na tomada de decisões que resultam em um registro na Blockchain e em uma nova etapa do fluxo de pagamento descrito.

O processo de decisão representa uma mudança ou atualização na Blockchain que é enviada para todos os participantes de cada etapa do processo. Somente com o consenso de todos, de acordo com o chaincode, o fluxo prosseguirá e as ações serão tomadas. Esse processo pode adotar regras específicas, no caso da presença de dados sensíveis, em respeito à LGPD (Ciotta et al).

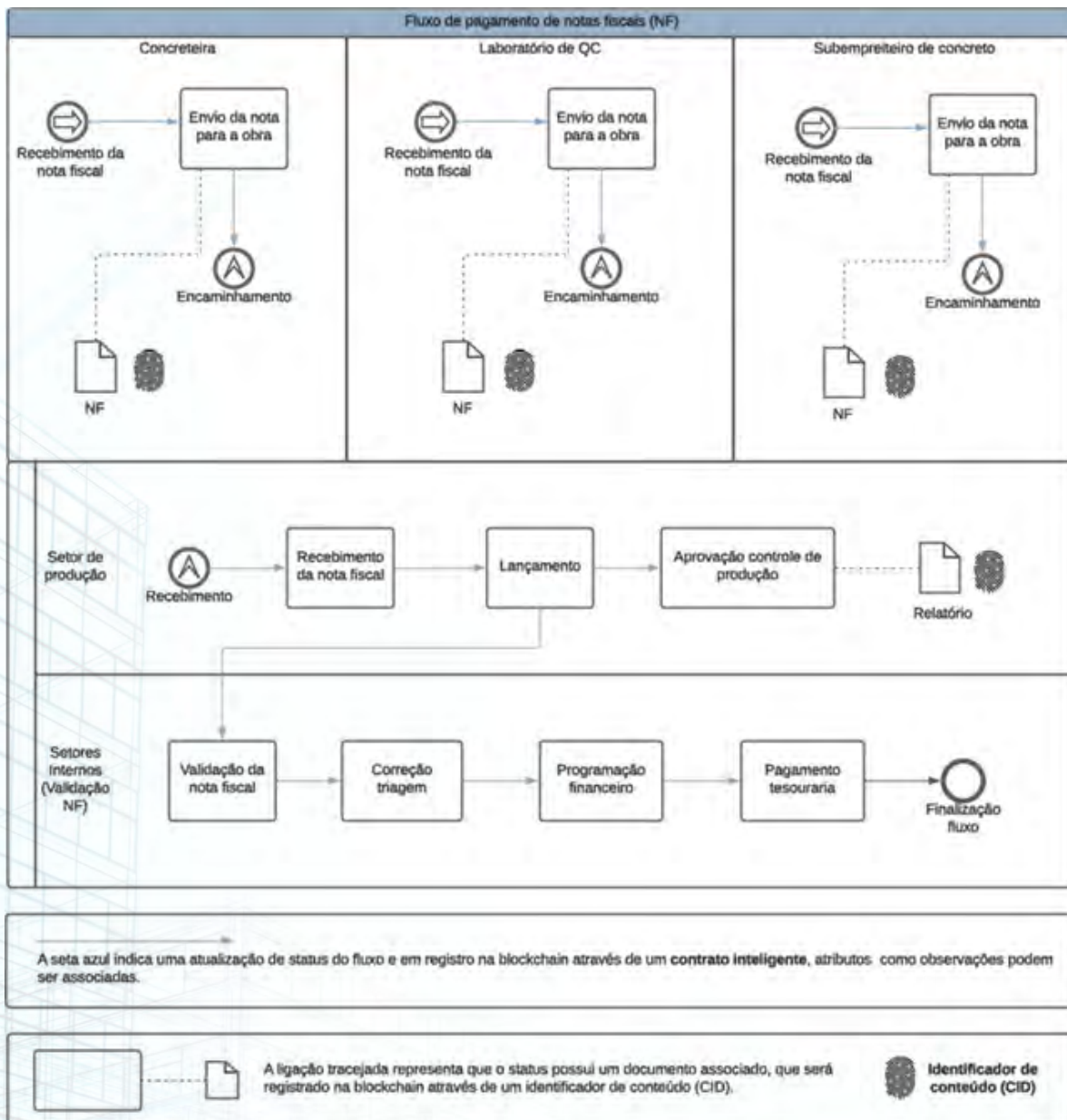
Os conceitos de atores foram expandidos para organizações no HLF, podendo possuir papéis que são componentes fundamentais da execução dos chaincodes. Identificados como peers (nós), as organizações podem agir diretamente no contrato, validando-o e executando-o, ou como orderers, responsáveis por verificar se a transação está sendo realizada corretamente, sendo as últimas autoridades antes da criação dos blocos resultados da execução do chaincode.

Figura 4: Fluxograma (TO-BE) do futuro fluxo de liberação de pagamento



Fonte: Autores.

Figura 5: Fluxograma (TO-BE) do futuro fluxo de pagamentos de notas fiscais



Fonte: Autores.

Utilizar uma plataforma não proprietária limita o processo às ferramentas disponíveis ali. A implementação da rede Blockchain requer uma interface que realize todos os processos descritos no fluxograma, esta será associada a um sistema backend que fará as conexões necessárias para implementar as novas funções. Pode-se implementá-la de várias formas, seja por software já existente na construtora ou sistema web, podendo ter vários canais para cada organização.

O uso de um sistema proprietário torna possível a definição do fluxo de operações, que conta com a confirmação do envio e recebimento de cada etapa do processo, ou seja, cada atualização é confirmada pelas organizações envolvidas trazendo um grau de segurança e controle muito maior que o e-mail. A adoção desse mecanismo exclui as chances do processo ser fraudado ou omitido. Além disso, o uso desse sistema permite a visualização e rastreabilidade do processo com muita transparência, sendo possível visualizar o histórico dos processos e documentos.

A adoção dessas ferramentas reduz a responsabilidade dos usuários do sistema, extinguindo a ocorrência de possíveis falhas de protocolo, aumentando a eficiência dos processos e reduzindo o tempo das operações, o que, por consequência, reduz os custos gerados.

Um problema a ser resolvido pelas tecnologias propostas é o gerenciamento e autenticação dos documentos. Diversos documentos são gerados ao longo do processo, sem necessariamente serem armazenados em local comum, além da necessidade do uso de plataformas externas para sua autenticação, prolongando os processos e gerando novos arquivos desnecessários.

Com o uso do sistema proprietário, os documentos poderão ser armazenados num servidor de arquivos, gerenciados pela Blockchain com a criação de um identificador único, representado no fluxograma como identificador de conteúdo (CID), que na prática é um hashcode, um código único gerado por criptografia para identificação. A Blockchain pode, através da execução de chaincodes, enviar, compartilhar e atualizar esses documentos. Todos os registros relacionados aos documentos são disponibilizados pela Blockchain e podem ser acessados pelas organizações envolvidas, podendo-se ver o histórico de todas as operações realizadas.

A autenticação dos documentos pode ser feita através da associação a servidores de autenticação, permitindo que os usuários das organizações façam esse processo diretamente do sistema. No fluxograma, a associação de documentos é feita a partir de linhas tracejadas, ligadas a um ícone de documento, já a autenticação pode ser feita para cada documento, caso necessário.

Uma proposta de mudança feita foi a integração do modelo BIM as built com a Blockchain. A partir de alterações mensais, feitas de acordo com o recebimento e apuração das medidas em obra relacionadas ao desempenho da ação executada, ou seja, o progresso da concretagem das paredes, ou variação do volume de concreto utilizado. Sendo estas executadas de forma manual a partir de visitas de campo pelo responsável do setor, seguindo as atualizações necessárias para o desenvolvimento do modelo BIM. Essas informações são de extrema importância para o processo de pagamento das paredes de concreto, pois podem ser utilizadas para verificar as medições executadas pelos fornecedores, como descrito no processo TO-BE.

Os dados coletados no modelo BIM as built podem inclusive ser utilizados em chaincodes da Blockchain, numa possível validação automática. Através do uso de ferramentas como o plugin Dynamo do software Revit associado ao envio de requisições através da linguagem de programação Python, via interface de programação de aplicações (API) para o sistema que gerencia e faz um canal entre as organizações, Blockchain e modelo BIM.

5. CONCLUSÃO

O estudo apresentou uma análise do processo de pagamento para paredes de concreto moldadas in loco de uma construtora. O fluxograma AS-IS mostrou os desafios enfrentados pela empresa em relação ao processo atual, e o fluxograma TO-BE apresentou soluções e melhorias para torná-lo mais eficiente, diminuindo custos e prazos. Os desafios identificados foram o uso do e-mail como único mecanismo de consenso, grande quantidade de documentos gerados durante o processo, demora no processo de aprovação do concreto e resserviço na comprovação do lançamento de pagamento. A partir da análise, foram propostas soluções para esses desafios, através do investimento em tecnologia Blockchain para digitalização de documentos e adoção de processos mais eficientes e automatizados.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Lissa Gomes; LUCKO, Gunnar. Best Practices for Case Studies in Construction Engineering and Management Research. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 148, issue 8, august 2022. ISSN: 1943-7862. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0002312>>. Acesso em: 14 mar. 2023. doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.000231](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.000231).

BRANDÍN, Roberto; ABRISHAMI, Sepehr. Information traceability platforms for asset data lifecycle: blockchain-based technologies. **Smart and Sustainable Built Environment**, vol. 10, august 2021. ISSN: 2046-6099. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-03-2021-0042/full/html>>. Acesso em: 5 mar. 2023. doi:<https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2021-004>.

CHONG, H.-Y.; DIAMANTOPOULOS, A. Integrating advanced technologies to uphold security of payment: Data flow diagram. **Automation in Construction**, v. 114, june 2020. ISSN 0926-5805. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580519313573?via%3Dihub>> Acesso em: 5 mar. 2023. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103158>.

CIOTTA, V.; MARINIELLO, G.; ASPRONE, D.; BOTTA, A.; MANFREDI, G. Integration of blockchains and smart contracts into construction information flows: Proof-of-concept. **Automation in Construction**, vol. 132, december 2021. ISSN: 0926-5805. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521003769>> Acesso em: 5 mar. 2023. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103925>.

DANTAS, N. R.; MELO, R. S. S. de; ALBERTE, E. P. V. BIM, Blockchain e outras tecnologias digitais na fase de construção: análise da produção científica internacional. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, vol. 19, nov. 2022. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1973>>. Acesso em: 14 mar. 2023. doi:<https://doi.org/10.46421/entac.v19i1.1973>.

HAMLEDARI, Hesam; FISCHER, Martin. Construction payment automation using blockchain-enabled smart contracts and robotic reality capture technologies. **Automation in Construction**, v. 132, december 2021. ISSN 0926-5805. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521003770?via%3Dihub>> Acesso em: 5 mar. 2023. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103926>.

HIJAZI, A.A.; PERERA, S.; CALHEIROS, R.N.; ALASHWAL, A. A data model for integrating BIM and blockchain to enable a single source of truth for the construction supply chain data delivery. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. ahead- of-print, jun. 2022. ISSN: 0969-9988. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/0969-9988.htm>> Acesso em: 10 mar. 2023. doi:<https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2022-0209>.

SIGALOV, K.; YE, X.; KÖNIG, M.; HAGEDORN, P.; BLUM, F.; SEVERIN, B.; HETTMER, M.; HÜCKINGHAUS, P.; WÖLKERLING, J.; GROSS, D. Automated payment and contract management in the construction industry by integrating building information modeling and blockchain-based smart contracts. **Applied Sciences**, vol. 11, no. 16, august 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/11/16/7653>> Acesso em: 10 mar. 2023. doi:<https://doi.org/10.3390/app11167653>.

ZHAO, Rui; CHEN, Zhe; XUE, Fan. A blockchain 3.0 paradigm for digital twins in construction project management. **Automation in Construction**, vol. 145, January 2023. ISSN: 0926-5805. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522005155>> Acesso em: 12 mar. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.1046>.

GREEN CONSTRUCTION CHAIN: PLATAFORMA BLOCKCHAIN PARA A GESTÃO RESPONSÁVEL DE SUPRIMENTOS E RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Alunas: Gisele Teles e Milena Mota Costa
Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte

RESUMO

Os fluxos de informações na gestão de suprimentos e de resíduos da construção se destacam por serem ineficientes, lineares e carentes de automação. Por outra parte, a tecnologia de registro blockchain é notada pelo potencial em resolver problemas relacionados à falta de transparência, automação, produtividade e eficiência. Este estudo propõe uma estrutura de gerenciamento de informações baseada em blockchain para os setores de suprimentos e de gestão de resíduos da indústria da construção civil, visando melhorar a rastreabilidade e circularidade dos recursos no setor. Utilizando design science research como estratégia metodológica, este estudo desenvolve um protótipo de plataforma e analisa a arquitetura deste sistema, tendo em vista seu potencial de geração de conhecimento organizacional e seu impacto frente ao atual contexto de gestão da indústria. Os desafios do sistema proposto são a integração dos sistemas Hyperledger, o desenvolvimento de canais e o layout da cadeia de materiais e resíduos dentro da blockchain, bem como a adição e controle de membros dentro da rede. A principal contribuição deste estudo é a proposição de uma plataforma conceitual SaaS (Software as a Service) com grande potencial para fortalecer a conexão entre os stakeholders de modo a atender às necessidades e particularidades da indústria da Construção possibilitando o rastreamento e unificação de informações, aumentando a confiabilidade entre os stakeholders e possibilitado um uso inteligente de recursos, o que fomentará a economia circular no setor, a partir de logística reversa, servitização e simbiose industrial.

Palavras-chave: blockchain, gestão de suprimentos, gestão de resíduos, economia circular.

1. INTRODUÇÃO

A cadeia de suprimentos da construção (CSC) se caracteriza pela fragmentação de suas atividades; complexidade e heterogeneidade de seus produtos, processos tecnológicos e atores; e singularidade de seus projetos (ISATTO AZAMBUJA e FORMOSO 2015). Somado a isso, o alto consumo de recursos e a intensa geração de resíduos desse setor produzem a necessidade de adoção de um modelo de produção alinhado aos princípios da economia circular (EC) como uma alternativa ao atual modelo econômico linear, que exerce significativa pressão sobre o meio ambiente, por meio do uso irresponsável dos recursos, desperdiçando o potencial de aproveitamento e beneficiamento com a manutenção do recurso no ciclo produtivo. O uso e reaproveitamento inteligente e eficiente dos recursos naturais, mantendo os materiais no ciclo produtivo, cria oportunidades de mercado e crescimento econômico, sendo fundamental para o desenvolvimento sustentável da indústria da construção (ROQUE e PIERRI, 2019).

Nesse contexto, Ellen Macarthur Foundation (2020) aborda a economia circular no setor imobiliário como uma alternativa com potencial para impulsionar ganhos de caráter econômico e ambiental, evidenciando a importância do pioneirismo dos principais stakeholders do setor de ambiente construído para condução dos primeiros avanços no fomento da circularidade na indústria.

Com o surgimento do conceito de indústria 4.0, o setor de suprimentos da construção civil passou a buscar soluções baseadas em tecnologia para digitalizar e automatizar os processos existentes, a fim de melhorar a transparência, eficiência e responsabilidade em seus processos (BARDUCCO e CONSTÂNCIO, 2019). Por outra parte, alguns autores também sugerem que parte dos dilemas relacionados à gestão de resíduos e ao fomento da EC podem ser superados por meio de tecnologias (KOUHIZADEH e SARKIS, 2020; WANG, 2020; CONFORTO, 2019).

A tecnologia de registro Blockchain (ou sua sigla em inglês BT, Blockchain technology) surge como solução tecnológica emergente aplicável a esse universo e que se destaca pelo seu potencial de suporte aos processos relacionados à gestão de insumos e resíduos.

Este artigo apresenta e analisa uma proposta de plataforma on-line para gestão de suprimentos e resíduos da construção, a partir do uso da tecnologia Blockchain. Denominada de Green Construction Chain, a plataforma utiliza BT para apoiar a automatização do processo de compra e venda de materiais e resíduos de construção e demolição (RCD). A descentralização que rege essa tecnologia faz com que a conferência de dados aconteça instantaneamente, podendo ser facilmente aplicada para tornar a gestão da CSC e de RCD mais eficiente e responsável, a partir de transações menos burocráticas e mais transparentes. Espera-se que os resultados deste estudo contribuam para o aprimoramento dos processos de gestão da construção civil, através da utilização da BT para propor uma arquitetura de sistema que visa solucionar dores latentes da indústria da construção, como a falta de transparência, eficiência e efetividade nos processos relacionados à cadeia de suprimentos e gestão de RCD.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo dados da Terracota Ventures (2021), atualmente existem 702 construtechs e proptechs em operação no Brasil. Destas, 18 buscam atuar com foco na área de gestão de suprimentos e 13 na área de gestão de resíduos. Nota-se que os avanços tecnológicos identificados buscam o uso da tecnologia da informação, sistemas de comunicação e bancos de dados para análise de dados e correspondência, para aprimorar processos-chave nesses setores. No entanto, observa-se uma carência de uso da tecnologia de registro Blockchain nessas propostas, apesar da literatura (SHI et al. 2021; SHEMOV et al. 2020; TEZEL et al. 2020) destacar o potencial dela para transformar a indústria da construção.

BT é considerada uma inovação disruptiva que possibilita o compartilhamento e rastreamento de informações em redes de suprimentos. Pode ser definida como um banco capaz de replicar, compartilhar e sincronizar dados espalhados por diferentes locais por meio de uma rede distribuída (KOUHIZADEH, 2020).

Para Tezel et al (2020), a integração de aplicativos de blockchain aos processos da cadeia de suprimentos pode transformar o processo de aquisição de uma empresa, trazendo confiança e transparência incorporadas, pagamentos simplificados, intermediários removidos e segurança e produtividade aprimoradas. Para Lanko, Vatin e Kaklauskas (2018), o sistema unificado e distribuído inibe que o fabricante utilize materiais que não atendam aos padrões de qualidade exigidos e permite monitorar a hora e local de sua fabricação, e a cadeia logística até a obra, revelando as condições inadequadas de armazenamento

ou transporte. Segundo Wang (2017), a confiança é o fator que mais influencia o uso da BT na gestão da cadeia de suprimentos. Confiança esta que refere à confiabilidade das informações fornecidas entre as partes numa transação ou à segurança e proteção dos dados gerenciados por uma autoridade central.

Kouhizadeh (2019), por sua vez, indica que a tecnologia tem forte potencial para impulsionar iniciativas econômicas circulares, uma vez que a BT atua como um facilitador que pode moderar as inter-relações, trazendo mais transparência aos processos que envolvem a gestão de resíduos e minimizando a necessidade de desintermediação nas transações. Autores indicam que tokens em blockchains podem promover estratégias de cooperação e competição para o desenvolvimento de ecossistemas economicamente circulares (NARAYAN E TIDSTRÖM, 2020). Existe a proposta de um sistema que integra BT com internet das coisas, Big Data e visualização para apoiar a realização de análises de ciclo de vida para fomento da sustentabilidade na cadeia de suprimentos (ZHANG et al. 2020). O uso da BT para gerenciamento de certificados de autenticação na cadeia de abastecimento também vem sendo reportado na literatura (KOUHIZADEH, 2020). Na União Europeia, o projeto WSX visa regulamentar o mercado de gestão de resíduos, através do rastreamento ao longo do ciclo de vida da edificação por um sistema de posicionamento global (GPS)(CONFORTO, 2019).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo adota a metodologia de pesquisa DSR (Design Science Research). Assim, o projeto inclui etapas de concepção e sugestão (Etapa 1 - Estado do conhecimento e Etapa 2 - Coleta de dados), desenvolvimento (Etapa 3 - Desenvolvimento da plataforma) e avaliação e finalização do artefato (Etapa 4 - Avaliação da plataforma).

Na Etapa 1 (Estado do conhecimento), foi feita uma revisão sistemática da literatura para análise do panorama atual de uso da BT na cadeia de suprimentos e na gestão de resíduos da construção. Esta análise identificou evidências que destacam a correlação de componentes BT com funções/processos da CSC e da RCD. Tais evidências foram utilizadas na tomada de decisão sobre a estrutura da plataforma desenvolvida na Etapa 3.

Na Etapa 2 (Coleta de dados), foi realizado um mapeamento dos processos relacionados à gestão de suprimentos e à gestão de resíduos em canteiros de obras. Para tal foi realizada pesquisa documental, observações de campo e/ou entrevistas semiestruturadas com profissionais do setor. Esta etapa teve por objetivo identificar as demandas e dificuldades dos setores de suprimentos e de gestão de resíduos da construção, e os resultados foram utilizados para subsidiar o desenvolvimento da plataforma proposta neste estudo.

Na Etapa 3 (Desenvolvimento da plataforma), foi realizado o desenvolvimento propriamente dito de um protótipo da plataforma. Com um conceito SaaS (Software as a Service), o protótipo permite a ligação entre os principais intervenientes da cadeia de suprimentos e da gestão de resíduos - agente comprador/receptor (AC), agente de transporte (AT) e agente vendedor/gerador (AV). Foi desenvolvido com formato e estrutura que atendem às demandas do setor, considerando o potencial da tecnologia em estudo, as boas práticas identificadas na literatura (resultados da etapa 1) e as lacunas identificadas no mapeamento dos processos (resultados da etapa 2). O protótipo utiliza interface em plataforma web (plataforma front end) em Node.js, HTML e CSS, para promover um ambiente de navegação amigável e coletar e enviar informações para uma interface blockchain. A interface blockchain (plataforma back-end) utiliza a ajuda da interface de desenvolvimento aberta Hyperledger Fabric, YAML e Shell Script. Toda a comunicação entre essas interfaces é feita através de chaincodes criados em Golang e comunicação como API através do Node.js.

Por fim, a Etapa 4 buscou avaliar a relevância e aplicabilidade da arquitetura do sistema do protótipo desenvolvido (entradas, processos e saídas). Para tanto, foi realizada uma análise qualitativa e quantitativa dos seguintes aspectos de análise:

- Produção de conhecimento organizacional: este aspecto identificou o potencial da plataforma para converter dados em informação e informação em conhecimento a partir da proposta de geração de relatórios e dashboards;
- Impacto no contexto atual: este aspecto avaliou as informações obtidas com o uso da plataforma em comparação com o contexto usual de gestão realizada pelo setor (sem a plataforma), considerando a realidade mapeada em campo durante a Etapa 2.

4. SISTEMA PROPOSTO

A arquitetura de sistema proposta busca solucionar problemas relacionados à fragmentação das informações, à falta de confiança entre os stakeholders, à dificuldade em buscar responsáveis legais pelas falhas, e à falta de uso inteligente de recursos, transporte, rastreamento e descarte de resíduos.

O Hyperledger Fabric foi identificado como a tecnologia ideal para projetar uma ferramenta que aplicaria os benefícios da blockchain nos setores de suprimentos e gestão de resíduos, porque seu recurso privado permite uma camada extra de segurança sobre os dados confidenciais dos participantes. Entende-se que essa estrutura é fundamental para o ambiente organizacional que é objeto de intervenção, que possui uma grande complexidade de atores (Gomes et al., 2021).

A plataforma foi desenvolvida em três partes: a interface do usuário utilizando Javascript, HTML e CSS, as funções do sistema em Javascript e a interface blockchain desenvolvida no Hyperledger Fabric. Um canal (interface dentro da Blockchain para comunicação entre duas ou mais organizações) foi utilizado para definir as regras de validação e o número de usuários dentro de uma mesma organização e suas respectivas credenciais. Neste mesmo canal foi criado um requisitante para teste, funcionando como servidor de comunicação do canal. Para a versão final, devem ser utilizados pelo menos três solicitantes com o protocolo de comunicação jangada, servindo como servidor de comunicação principal. Esta escolha é baseada na maioria dos votos dos servidores ativos. Se houver igual número de votos para dois ou mais servidores, eles fazem uma nova solicitação de votação. A votação é realizada de forma aleatória. E, em resumo, a comunicação desses três itens será feita da seguinte forma: a interface do usuário usará as funções por uma API (Application Programming Interface), e essa API será conectada à blockchain por chaincodes (forma de contratos inteligentes do Hyperledge) instalado no canal, onde todas as informações serão arquivadas e consultadas no blockchain.

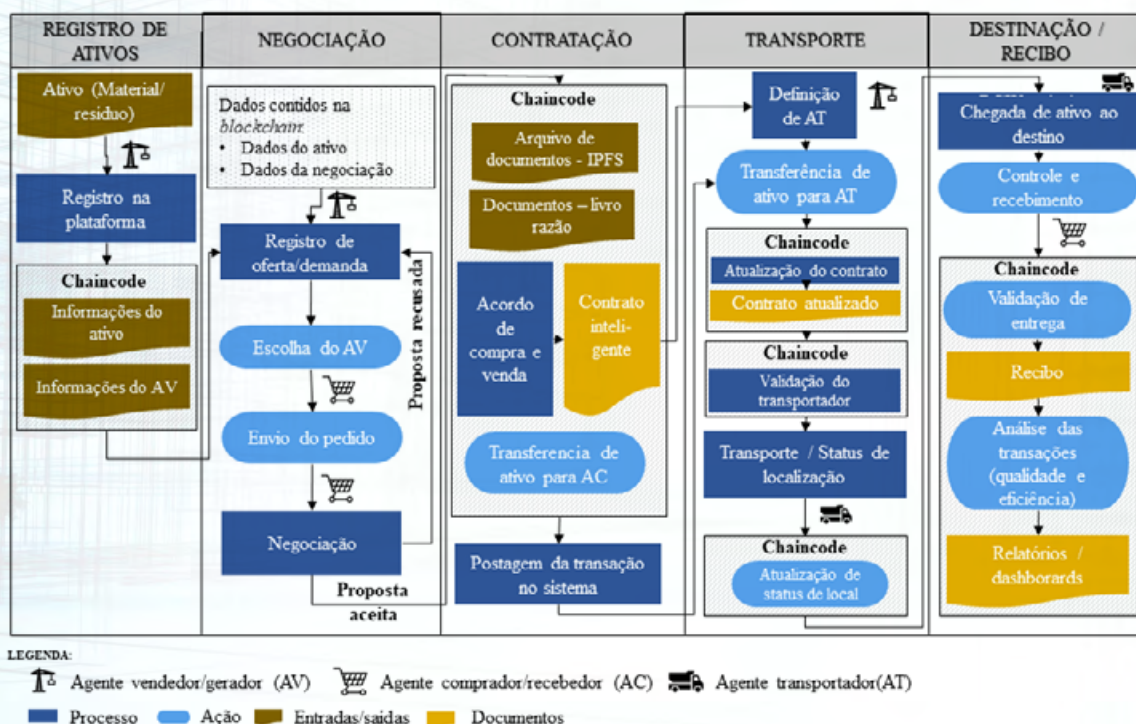
Em relação às informações gerenciadas pela plataforma, ressalta-se que esses dados não se tornariam públicos. Da mesma forma que os dados de fornecedores, o acesso a essas informações estaria protegido pela confiabilidade e natureza distribuída da plataforma Hyperledger Fabric. De acordo com a literatura (POURNADER et al. 2019; WANG et al. 2021; HUNHEVICZ e HALL, 2020; BAI e SARKIS 2020) dentro de plataformas como HyperLedger Fabric, é possível aplicar canais para acessar informações e opções de execução de contratos inteligentes. Os canais em conjunto com o serviço de associação permitem a transparência entre participantes com as devidas autorizações para suas funções.

Dentro da plataforma estão fundadas diversas funcionalidades para a negociação entre as organizações que fazem parte da cadeia de suprimentos e que buscam fazer a gestão dos resíduos. Na maioria dessas funções, a informação mais importante é o ativo, que pode ser criado, modificado ou excluído. Observando que um ativo é qualquer tipo de produto que pode ser representado como uma coleta de dados na blockchain do Hyperledger (HYPERLEDGER FABRIC 2020a). Os ativos criados na plataforma correspondem aos materiais/insumos/resíduos objeto de gestão, como sacos de cimento, elementos pré-fabricados ou resíduos específicos de determinada classificação. Dentro do objeto podem ser declaradas diversas propriedades que se referem às qualidades do bem real. Esse conceito se assemelha ao conceito dos NFT (tokens não fungíveis), que são usados como um ativo digital exclusivo em algumas blockchains públicas como Ethereum (HYPERLEDGER FABRIC 2020b). Dentro da plataforma são estipulados três tipos de agentes: o agente vendedor/gerador (AV), que corresponde à organização que disponibiliza um material/resíduo através da plataforma; o agente comprador/receptor (AC), que corresponde à empresa que adquire/recebe o material/resíduo; e o agente de transporte (AT), responsável pelo processo de transporte do material/resíduo até o seu destino, e que pode estar diretamente vinculado ao AV ou AC.

A Figura 1 mostra o fluxograma resumido de operação do sistema proposto.

O processo começa com a etapa de Registro de Ativos, quando o AV registra um ativo na plataforma, por meio de um chaincode. É importante ressaltar que dentro da estrutura cadastral, tanto AV quanto AC podem registrar novos ativos. O que vai definir o papel que cada organização tem é a sua posição na negociação: vendedor/gerador ou comprador/receptor. Numa situação de gestão de resíduos, por exemplo, uma construtora pode se posicionar no papel de AV e colocar seus materiais à venda ou doação, podendo selecionar um AC específico, ou receber propostas de qualquer AC. Esse formato busca criar uma interação eficiente e responsável entre distintos agentes dentro da plataforma, com vistas a promover oportunidades de negócio circulares a partir de simbiose industrial.

Figura 1. Fluxograma de operações do sistema proposto



A exceção a isso é o AT, cuja função é apenas intermediar a negociação para o transporte de cargas. Portanto, não pode registrar ativos, apenas interagir com o posicionamento geográfico do ativo durante a fase de transporte.

Após registrar um ativo com definições como nome, categoria, preço e localização, ele fica visível para todas as demais organizações que fazem parte do canal (postagem oferta/demanda). Nessa etapa, denominada de Negociação, um AC pode então iniciar uma proposta de negociação para compra/recepção de ativo especificado, que pode ou não ser adquirido em conjunto com outros ativos da organização. A partir de então, são feitas modificações nos termos da negociação: preços, prazos de entrega, quantidades etc. e agente transportador. Se não houver confirmação ou faltar alguma informação sobre os termos, os bens não serão transferidos. Após a confirmação de todas as informações presentes na negociação, inicia-se a etapa de Contratação, na qual se produz o acordo de compra e venda a partir de contrato inteligente. Nessa etapa a opção de transferência de ativos é liberada para o AV. Quando selecionado, o servidor fará uma solicitação ao chaincode de negociação instalado na blockchain do Hyperledger, que modificará o campo de autor dos ativos selecionados. A partir dessa ação, o AC será o novo proprietário. Uma vez transferida a propriedade no chaincode, uma nova função de modificação de posição será liberada para o AT, que poderá acessá-la e modificar a posição da carga, até que seja considerada entregue (Etapa de Transporte). Somente o AT, seguindo os termos do acordo, pode acessar a função de posicionamento. A lógica interna, para autenticação de usuários permitidos, é definida tanto no servidor quanto no chaincode.

A contratação de AT é realizada a partir de contrato inteligente cadastrado na blockchain. Este contrato inteligente é então autenticado pelo AV, para evitar fraudes. Essa contratação do AT pode ser realizada de duas formas. A primeira é disponibilizá-lo por meio de publicação em um canal geral para empresas de transporte. A segunda é contratar uma empresa anterior, de forma preferencial. A produção de contratos inteligentes por meio do livro-razão faz com que as transações tenham um certo grau de execução. Elas são executadas e salvas no registro, fornecendo evidências de que os dados são de confiabilidade sólida (KSHETRI 2017; WANG et al. 2017; MONTECCHI et al. 2019; WANG et al. 2021). A plataforma proposta mantém um histórico de transações inalterável e criptografado, o que permite maior confiança na autenticidade dos dados. Observam-se os seguintes benefícios na arquitetura proposta:

- Aumenta a confiança no ativo que está sendo adquirido/recebido e melhora o processo de aquisição e envio (YANG et al. 2020; SHEMOV et al. 2020).
- É possível reduzir custos com auditores com a aplicação de uma blockchain pois essa função pode ser substituída pelas características imutáveis e compartilhadas da BT (BAI e SARKIS 2020; CHONG e DIAMANTOPCULOS, 2020).

Na etapa de transporte do material/resíduo foi considerada a necessidade de rastreamento do transporte, em especial para a gestão e o controle da destinação do RCD. O status e a localização dos materiais/resíduos ficam à disposição dos agentes envolvidos desde o momento de saída do local de venda do material /geração do resíduo até o local de destino.

Da mesma forma, está prevista a gestão da informação sobre a qualidade e eficiência das transações na plataforma. Esse processo é feito pela média das classificações dos usuários dentro dos chaincodes instalados para a mesma organização e o mesmo tipo de processo, permitindo que os usuários avaliem o desempenho das transações e dos agentes envolvidos.

Para facilitar o processo de gerenciamento, os dados para geração de relatórios e dashboards são disponibilizados pela plataforma, uma vez que já estariam armazenados na blockchain, através dos chaincodes nele instalados. A arquitetura do sistema, em especial, possibilita a gestão de documentos relacionados com o processo de gestão de RCD, permitindo o upload de certificados ou manifestos de transporte de resíduos ou certificados de descarte final de resíduos. O processo de validação desses documentos pode ser feito através da assinatura controlada destes através da plataforma.

Todos os processos são tratados a partir de contratos inteligentes, que também podem prever acordos que promovam a servitização e a logística reversa, considerando as características de rastreabilidade e imutabilidade dos registros fornecidos pela BT.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à produção de conhecimento organizacional, a plataforma se destaca por tratar os dados e apresentá-los de forma que informações importantes para a tomada de decisão das empresas envolvidas sejam apresentadas com transparência e confiabilidade, pois todos os dados são registrados na Blockchain.

A Tabela 1 apresenta a lista por etapa dos dados produzidos pela plataforma na forma de relatórios e dashboards, passíveis de serem utilizados com relevante conhecimento organizacional pelo setor de suprimentos. Ela também realiza uma análise comparativa entre as informações e conhecimentos obtidos pela plataforma e as informações e conhecimentos produzidos atualmente no atual contexto de gestão realizado pelo setor de suprimentos, considerando a realidade mapeada em campo durante a Etapa 2.

A partir da análise da estrutura proposta, foi possível identificar 12 indicadores relacionados à gestão de suprimentos que possuem forte potencial de geração de conhecimento organizacional relacionado ao planejamento dos processos de planejamento (previsão de demanda e tempo e estimativa orçamentária) e melhoria contínua (análise de não conformidades), situações relacionadas ao cumprimento de prazos ou características do produto.

Percebe-se também que, ao comparar os dados/conhecimentos produzidos pela plataforma com o que normalmente é realizado no setor de CSC, a plataforma permite o acesso a uma quantidade maior de informações e conhecimentos. No processo mapeado a partir de entrevistas com profissionais do setor, evidenciou-se que as construtoras costumam registrar e analisar apenas dados referentes ao histórico de pedidos por produto e fornecedor, o histórico de valores negociados por produto, as formas de pagamento, a existência ou não de frete no valor oferecido pelo fornecedor, e o tempo de processamento do pedido. O sistema da plataforma, além de produzir as informações citadas acima, permite que a empresa produza informações relacionadas ao histórico de valores cotados por produto, a quantidade de compras por produto, a quantidade de pedidos por produto por semana, a quantidade de viagens por transportadora, a duração do prazo de entrega do material e processos não conformes relacionados ao cumprimento do prazo e características por produto por fornecedor.

Tabela 1. Dados e conhecimentos produzidos por contexto e por etapa (GSC)

ETAPA	INFORMAÇÃO PRODUZIDA		ANÁLISE COMPARATIVA	
	DADO	CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL	PLATAFORMA PROPOSTA	REALIDADE MAPEADA
Preço	Histórico de valores cotados por produto	Base histórica para otimizar a precisão do orçamento	X	-
Contrato de compra e venda	Quantidade de compras por produto	Itens mais comprados / Gestão de demanda para a obra e para projetos futuros	X	-
	Histórico de pedidos por produto e fornecedor	Fornecedores/compradores mais frequentes: Identificação de parcerias/negociações de longo prazo	X	X
	Histórico de valores negociados por produto	Base histórica para otimizar a precisão dos orçamentos (Variação do valor de um dado insumo)	X	X
	Métodos de Pagamento	Gestão de demandas financeiras para compra	-	X
	Quantidade de pedidos por produto por semana	Gestão de demanda para o trabalho e para projetos futuros	X	-
	Frete incluso ou não no valor oferecido pelo fornecedor	Gestão de demanda para o trabalho e para projetos futuros	X	X
	Período de processamento do pedido	Gestão de demanda para o trabalho e para projetos futuros	X	X
	Transporte	Número de viagens por transportadora	Identificação de parcerias/negociações de longo prazo	X
Duração do tempo de entrega de entrada		Gestão de demanda para o trabalho e para projetos futuros	X	-
Processos que não cumprem o contrato - cumprimento do tempo		Análise dos principais problemas para adequação da gestão de processos	X	-
Recebimento	Processos em desacordo com o contrato - cumprimento das características por produto	Análise dos principais problemas para adequação da gestão de processos	X	-
	Processos em desacordo com o contrato - cumprimento das características por fornecedor	Identificação dos relacionamentos mais confiáveis	X	-

A Tabela 2 apresenta a lista por etapa dos dados produzidos pela plataforma na forma de relatórios e dashboards, passíveis de serem utilizados com relevante conhecimento organizacional pelo setor de gestão de resíduos. Ela também realiza uma análise comparativa entre as informações e conhecimentos obtidos pela plataforma e as informações e conhecimentos produzidos atualmente no atual contexto de gestão realizado pelo setor de gestão de RCD, considerando a realidade mapeada em campo durante a Etapa 2.

Sobre a produção de conhecimento organizacional, a plataforma se destaca por tratar os dados e apresentá-los de forma que informações importantes para a tomada de decisão do usuário sejam apresentadas com transparência e confiabilidade. A partir da análise da estrutura proposta, foi possível identificar 15 indicadores com forte potencial para a geração de conhecimento organizacional relacionado ao planejamento dos processos de gestão de RCD (previsão de demandas e prazos e estimativas orçamentárias), melhoria contínua (análise de situações de não conformidade relacionadas ao cumprimento de prazos ou falta de registro) e fortalecimento dos princípios da economia circular (análise de demandas de estudos sobre redução, reutilização e reciclagem de resíduos e identificação de potenciais parcerias para servitização, logística reversa ou simbiose industrial).

Em relação ao impacto acerca do contexto atual, a plataforma apresenta uma quantidade de dados quase quatro vezes maior do que ocorre no contexto atual. Vale ressaltar que, embora os dados em si apresentem potencial de uso como conhecimento organizacional, observa-se que a maioria dos dados não é tratada na prática, sendo arquivada apenas para fins de fiscalização e, portanto, não utilizada para tomada de decisão. Ou seja, a plataforma se propõe a otimizar o gerenciamento da cadeia de suprimentos possibilitando o agrupamento das informações relacionadas à aquisição de insumos/contratos e de gestão de resíduos de forma confiável, transparente e automática, possibilitando um controle/gerenciamento inteligente e eficaz, possibilitando mais audibilidade para os processos. Além disso, especificamente no contexto do setor imobiliário, além dos benefícios relacionados às contratações, a aplicação da BT baseada nos princípios da circularidade pode possibilitar um ganho econômico, por meio da redução de despesas com o descarte de resíduos, bem como da geração de receita através da comercialização de “resíduos”.

Tabela 2. Dados e conhecimentos produzidos por contexto e por etapa (RCD)

ETAPA	INFORMAÇÃO PRODUZIDA		ANÁLISE COMPARATIVA	
	DADO	CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL	PLATAFORMA PROPOSTA	REALIDADE MAPEADA
Geração de resíduos	Quantidade de resíduos destinada por tipo	Previsão de demandas de gestão de resíduos por tipo para estudos voltados à redução, reaproveitamento e reciclagem	X	X
	Quantidade de resíduos destinada por tipo e por construção	Previsão de demandas de gerenciamento de resíduos em construções futuras de tamanho e características semelhantes	X	X
Postagem de oferta/demanda	Número de propostas por anúncio	Adesão ao anúncio/análise da oferta de descarte de resíduos comprometidos	X	-
	Tempo de negociação por anúncio	Otimização do planejamento para maior agilidade no processo.	X	-
	Local de descarte em comparação com a fonte de RCD	Análise para otimização de distâncias de descarte	X	-
Contrato de compra e venda	Número de contratos por empresa	Identificação de parcerias e eventual avaliação de colaborações mais fortes	X	-
	Valor do contrato por resíduo	Base histórica para otimizar a precisão do orçamento.	X	-
Transporte	Número de viagens por transportadora	Identificação de parcerias e eventual avaliação de colaborações mais	X	X
	Duração do transporte	Previsão de demandas de gerenciamento de resíduos em construções futuras de tamanho e características semelhantes	X	-
	Processos que não cumprem o contrato - cumprimento de prazos	Análise dos principais problemas para otimização da gestão de processos	X	-
	Processos não conformes ao contrato - cumprimento de registro	Análise dos principais problemas para otimização da gestão de processos	X	-
	Quantidade de resíduos coletados via plataforma	Previsão de demandas de gestão de resíduos por tipo para estudos voltados à redução, reaproveitamento e reciclagem	X	-
	Quantidade de resíduos recebidos ¹ por tipo e destino	Identificação de parcerias e eventual avaliação de colaborações mais fortes	X	X
Reuso de	Processos que não cumprem o contrato - cumprimento de prazos	Análise dos principais problemas para otimização da gestão de processos	X	-
	Processos não conformes ao contrato - cumprimento de registro	Análise dos principais problemas para otimização da gestão de processos	X	-

6. CONCLUSÕES

Este artigo propõe e analisa uma arquitetura de sistema de plataforma blockchain para a gestão de materiais e resíduos do setor da construção que proporciona uma interação eficiente e responsável entre as partes envolvidas na cadeia. O protótipo desenvolvido apresenta grande potencial de geração de valor para as organizações. Ao apresentar uma interface de usuário amigável e intuitiva, a proposta da plataforma permite simplificar as interações entre os agentes envolvidos na CSC e na gestão de RCD, promovendo a eficiência dos processos. As informações por ele fornecidas, por sua vez, possuem alto grau de confiabilidade, controle, rastreabilidade e transparência, devido ao uso da BT. Esses recursos também facilitam as ações de auditoria para fins de conformidade. Além disso, a estrutura criada tem formato e composição que permitem estimular práticas de EC como servitização, logística reversa e simbiose industrial.

Observa-se que o protótipo da plataforma ainda não está totalmente preparado para o mercado, sendo necessária uma análise completa e aprofundada de seu desempenho. A interface de usuário proposta, as funções de uso da plataforma e a interface do sistema blockchain foram analisadas seguindo o DSR (Design Science Research) descrito neste estudo. Devido à natureza de várias linguagens de programação, no entanto, a integração dessas interfaces é um elemento desconhecido. A complexidade de depurar e testar cada interface, bem como desenvolver a melhor abordagem para criar novos canais, organizar material e dados, controlar membros da rede e integrar com a plataforma IPFS e um servidor web adequado, é sublinhada e pode ser resolvida em etapas futuras. Como continuidade do projeto, é previsto o desenvolvimento / amadurecimento do protótipo para um MVP. Após a implementação e validação do sistema, podem ser realizados estudos de melhoria da plataforma com vistas a melhorar a gestão automatizada. Isso pode ser alcançado com o uso de sensores para rastrear entradas e criar um sistema inteligente de gerenciamento de suprimentos e resíduos com a internet das coisas para melhorar o gerenciamento digital das atividades operacionais.

7. REFERÊNCIAS

- BAI, C., e SARKIS, J. 2020. A supply chain transparency and sustainability technology appraisal model for blockchain technology. **International Journal of Production Research**. 58(6), 2142-2162.
- BARRETO NETO, J. F., COSTA, M. M., ALBERTE, E. P. V., e CARNEIRO, A. P., 2021. Plataforma de gestão de resíduos para o fomento da economia circular na construção civil. In: **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. 2021. Porto Alegre: ANTAC.
- BARDUCCO, A. P. S., e CONSTÂNCIO B. M. **Indústria 4.0**: Tecnologias emergentes no cenário da construção civil e suas aplicabilidades. Monografia – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina. Santa Catarina, p. 15. 2019.
- CHONG, H., e DIAMANTOPOULOS, A. 2020. Integrating advanced technologies to uphold security of payment: Data flow diagram. **Automation in Construction**. 114.
- CONFORTO, R., 2019. WSX-European waste services exchange, instrument to start the transition towards circular economy. **Proc. Envir. Sci., Eng. and Manag.**, 6.

COSTA, M. M., BARRETO NETO, J. F., ALBERTE, E. P. V., CARNEIRO, A. P. e VENTIN, J. T. I., 2021. Blockchain para fomento da economia circular na construção: um panorama sobre a produção científica. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**. 2021. Porto Alegre: ANTAC.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020. **From principles to practices**: Realising the value of circular economy in real estate. ARUP, 2020. Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/file/24/FM9nvqPFM.sVmV7FME65FRsVTg/Realising%20the%20value%20of%20circular%20economy%20in%20real%20estate.pdf>

GOMES, R. O., SANTOS, G. C. T., ALBERTE, E. P. V., e CARNEIRO, A. P. 2021. Proposta de uso da tecnologia de registro Blockchain na gestão de suprimentos da Construção Civil. In: **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. 2021. Maceió. Porto Alegre: ANTAC.

HUNHEVICZ, J., e HALL, D. 2020. Do you need a blockchain in construction? Use case categories and decision framework for DLT design options. **Advanced Engineering Informatics**. 45.

HYPERLEDGER FABRIC. 2020a. **Hyperledger Fabric Model**. Disponível em: https://hyperledgerfabric.readthedocs.io/en/release-2.2/fabric_model.html#assets. Acessado em 19 de dezembro de 2021.

HYPERLEDGER FABRIC. 2020b. Secured asset transfer in Fabric. Disponível em: https://hyperledgerfabric.readthedocs.io/en/release2.2/secured_asset_transfer/secured_private_asset_transfer_tutorial.html. Acessado em 19 de dezembro de 2021.

ISATTO, E; AZAMBUJA, M; e FORMOSO, C. 2015. The Role of Commitments in the Management of Construction Make-to-Order Supply Chains. **Journal of Management in Engineering**. 31(4).

KSHETRI, N. 2017. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. **International Journal of Information Management**. 39, 80-89.

KOUHIZADEH, M., SARKIS, J. e ZHU, Q., 2019. At the Nexus of Blockchain Technology, the Circular Economy, and Product Deletion. **Applied Sciences**, 9(8).

KOUHIZADEH, M., ZHU, Q. e SARKIS, J., 2020. Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. **Prod. Plan. & Cont.**, 31(11-12).

MONTECCHI, M., PLANGGER, K., e ETTER, M. 2019. It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain. **Business Horizons**. 62(3), 283-293.

NARAYAN, R.; TIDSTRÖM, A. 2020. Tokenizing coopetition in a blockchain for a transition to circular economy. **Journal of Cleaner Production**. 263.

POURNADER, M., SHI, Y., SEURING, S., e KOH, S. C. L. 2019. Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. **International Journal of Production Research**. 58(5), 2063-2081.

ROQUE, R. A. L. e PIERRI, A. C., 2019. Intelligent use of natural resources and sustainability in civil construction. **Research, Society and Development**. 8(2).

SANTOS, G. C. T., GOMES, R. O., ALBERTE, E. P. V., e CARNEIRO, A. P. 2021. Blockchain para a gestão de suprimentos na construção: um panorama acerca da literatura. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**. 2021, Uberlândia. Porto Alegre: ANTAC.

SHEMOV, G., GARCIA DE SOTO, B., e ALKHZAIMI, H. 2020. Blockchain applied to the construction supply chain: A case study with threat model. **Frontiers of Engineering Management**. 7, 564-577.

SHI M., HOFFMANN, A., WAGNER, A., HUYENG, T., THIELE, C. D., e RÜPPEL, U. 2021. Using Blockchain Technology to Implement Peer-to-Peer Network in Construction Industry. In: Toledo Santos E., Scheer S., ICCCB 2020: **Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering**. 2021. Springer: ICCCB 2020, 839-849.

TERRACOTA VENTURES. 2021. **O mapa das construtechs e prop-techs no Brasil 2020**. Terracota Ventures. Disponível em: <https://www.terracotta.ventures/mapa-de-startups-2021>. Acessado em 25 de junho de 2021.

TEZEL, A., PAPADONIKOLAKI, E., YITMEN, I., e HILLET OF TH, P. 2020. Preparing construction supply chains for blockchain technology: An investigation of its potential and future directions. **Frontiers of Engineering Management**. 7, 547-563.

WANG, J., WU, P., WANG, X., e SHOU, W. 2017. The outlook of blockchain technology for construction engineering management, **Frontiers of Engineering Management**. 4, 67-75.

WANG M., WANG, C. C., SEPASGOZAR S. e ZLATANOVA, S., 2020. **A Systematic Review of Digital Technology Adoption in Off-Site Construction**: Current Status and Future Direction towards Industry 4.0. Buildings. 10(11).

WANG, Y., CHEN, C., e ZGHARI-SALES, A. 2021. Designing a blockchain enabled supply chain. **International Journal of Production Research**. 59(5), 1450-1475.

YANG, R., WAKEFIELD, R., LYU, S., JAYASURIYA, S., HAN, F., YI, X., YANG, X., AMARASINGHE, G., e CHEN, S. 2020. Public and private blockchain in construction business process and information integration. **Automation in Construction**, 118.

ZHANG, A.; ZHONG, R. Y.; FAROOQUE, M.; KANG, K.; VENKATESH, V. G. 2020. Blockchain-based life cycle assessment: An implementation framework and system architecture. **Resources, Conservation and Recycling**. 152.

SIMESTATE: UMA PROPOSTA DE MODELAGEM BASEADA EM AGENTES PARA APOIO A ESTUDOS DE MERCADO IMOBILIÁRIO

Alunos: Guilherme dos Santos Bonfim e Gustavo do Amaral Pinto
Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte

RESUMO

A tomada de decisão na hora de lançar um empreendimento imobiliário é um processo complexo e muitas vezes difícil para os incorporadores. Há diversas variáveis a serem consideradas, como localização, oferta, demanda e preço de mercado, e o mercado imobiliário é influenciado por diversos fatores externos, como a economia e as tendências sociais. Nesse cenário, é importante que incorporadores tenham acesso a ferramentas e recursos que possam auxiliá-los no processo, garantindo maior sustentabilidade aos seus projetos. O presente trabalho apresenta uma proposta de modelagem baseada em agentes que busca servir como ferramenta de apoio aos incorporadores na análise de mercado para o setor imobiliário. Denominada de SimEstate, essa ferramenta modela agentes autônomos que interagem entre si e com o ambiente, simulando o comportamento do mercado conforme indicado pelo(a) usuário(a), permitindo a análise de diferentes cenários, e produzindo dados, tais como, volume de vendas por escala de tempo; distribuição de compradores por faixa etária e renda, entre outros. A relevância, desempenho e aplicabilidade da proposta foram avaliadas a partir da percepção de potenciais usuários(as), utilizando-se metodologia NPS (Net Promoter Score). Os resultados indicam que SimEstate tem grande potencial de se tornar uma ferramenta valiosa para incorporadores na etapa de estudo preliminar voltado ao lançamento de um empreendimento imobiliário.

Palavras-chave: Construção civil. Modelagem Baseada em Agentes Simulação. Incorporação Imobiliária.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso nas vendas de uma realização imobiliária está intrinsecamente ligado ao planejamento na sua concepção. O lançamento de um empreendimento imobiliário exige um estudo criterioso para analisar sua viabilidade e capacidade de atendimento ao mercado. Cunha (2016) defende que, em um cenário nacional de instabilidade política e econômica, realizar investimentos no setor imobiliário requer muita atenção, sendo necessário estudo preliminar bastante criterioso antes de colocar em prática um plano de ação. Por outra parte, um estudo de incorporação malsucedido pode ter consequências negativas significativas para os incorporadores (prejuízos financeiros e perda de reputação) e para o meio ambiente e a sociedade (edificações sem valor, abandonadas e que se tornam um fardo para a comunidade, gerando uma série de problemas ambientais e sociais). Dentre os diversos impactos ambientais produzidos, destacam-se a degradação ambiental causada pela construção e o desperdício dos recursos utilizados para sua execução. No âmbito social, um empreendimento imobiliário fracassado pode gerar a desvalorização da região onde está situado, causando um impacto negativo na economia local e na valorização dos imóveis vizinhos, fomentando

criminalidade, vandalismo e degradação urbana. A falta de manutenção dos imóveis abandonados pode também trazer impactos negativos para a saúde pública, gerando riscos de acidentes, proliferação de pragas e doenças.

Diante desse panorama, é fundamental que incorporadores tenham acesso a ferramentas e recursos que possam auxiliá-los no processo, garantindo maior sustentabilidade aos seus projetos.

A utilização de métodos computacionais na solução de problemas das diversas áreas da sociedade já vem sendo feita há algumas décadas. Desde desafios da biologia a enigmas da economia e engenharia, o avanço nas tecnologias computacionais permitiu elevar a infinitude de simulações baseada em equações e sistemas mutáveis em tempo real (GETCHELL, 2008). Castro, Delgado e Rocha (2022) sinalizam a modelagem baseada em agentes (MBA) como uma metodologia computacional com grande capacidade para simular o comportamento humano e suas interações, conduzindo bem as variáveis e os desafios relativos a estudos mercadológicos para o setor imobiliário.

A MBA pode ser definida como um conjunto de inúmeras microssimulações que representam o comportamento dos chamados “agentes” e suas interações entre si num dado espaço. Essas simulações podem ser feitas e utilizadas em quaisquer ambientes que ajam interações entre agentes (MARSHALL, 2016). Esse tipo de modelagem consegue fornecer informações valiosas sobre os padrões comportamentais do mundo real através de simulações que envolvem algoritmos e técnicas que se adaptam instantaneamente no ambiente simulado (BONABEAU, 2002). Os agentes definidos em uma MBA são unidades computacionais autônomas que, através de interações entre si e o ambiente, podendo ser influenciadas por fatores como tempo e espaço, criando resultados que simulam o mundo real (HAMMIL et al, 2016).

O presente trabalho apresenta o SimEstate, uma proposta de modelagem baseada em agentes que simula diferentes cenários de mercado e permite avaliar a viabilidade de um empreendimento, levando em consideração uma ampla variedade de fatores. Os dados e informações proporcionados pela ferramenta permitirão que os incorporadores tenham uma visão mais precisa e completa do mercado imobiliário (MI), reduzindo os riscos de um estudo de incorporação malsucedido.

Pretende-se que o modelo esteja disponível em uma plataforma on-line acessível em computadores, cujo funcionamento seria por meio de assinaturas mensais, oferecendo planos variados de acordo com as necessidades dos usuários, e opções que vão além da MBA, como acesso a dados de vendas, análises de preços e demanda, previsões de valorização, entre outros. O impacto produzido com esta ferramenta envolve a promoção de benefícios significativos para o setor imobiliário, a sociedade e o meio ambiente. A ferramenta pode ser usada pelos incorporadores para obter informações que auxiliem na tomada de decisões mais estratégicas e eficientes, evitando prejuízos financeiros e reduzindo o impacto ambiental de seus projetos. Além disso, a ferramenta pode contribuir para a construção de um setor imobiliário mais sustentável, ao contribuir para a construção de edifícios que possam agregar na sustentabilidade socioeconômica local. Além disso, um processo de incorporação eficiente pode reduzir os custos operacionais e aumentar a vida útil dos prédios, gerando benefícios econômicos a longo prazo para os proprietários e para a sociedade como um todo.

2. ESTUDOS MERCADOLÓGICOS PARA INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA: DIRETRIZES NORMATIVAS, PANORAMA ATUAL E MODELAGEM BASEADA EM AGENTES APLICADA AO SETOR

No que tange ao mercado imobiliário, a ABNT NBR 12.721:2005 fornece informações que são fundamentais para a tomada de decisão dos envolvidos e para a definição do valor de mercado de um imóvel, permitindo que novos lançamentos sejam respaldados com uma referência de mercado. Essa norma estabelece as orientações para a identificação das unidades autônomas e dos edifícios correspondentes, regulando as disposições descritas no artigo 32 da Lei 4.591/64 e fornecendo informações sobre as medidas necessárias para atender a essas disposições.

Conhecida como a Lei das Incorporações, a Lei 4.591/64 estabelece as diretrizes normativas para a incorporação imobiliária no Brasil. Segundo ela, a incorporação imobiliária é definida como o conjunto de atividades que visam a construção, venda ou locação de unidades autônomas em edificações. Um de seus principais pontos é a exigência do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) para a realização de um empreendimento imobiliário. Esse estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade do empreendimento, analisando aspectos técnicos, econômicos, financeiros e jurídicos do projeto. O EVTE deve conter uma série de informações e estudos, como a análise de mercado, a definição do público-alvo, a análise das características do terreno, o estudo de impacto ambiental, a definição do projeto arquitetônico, o levantamento dos custos e investimentos necessários, a projeção de receitas e despesas, entre outros aspectos.

Segundo Rocha (2006), a análise do MI antes do lançamento de um empreendimento é uma etapa muito importante no processo de incorporação, pois é a partir dela que se avalia a oferta e demanda de imóveis na região em que se pretende incorporar. Para o autor, as incertezas provenientes da carência de informações nessa etapa representam uma oportunidade que, se bem explorada, pode potencializar o valor do empreendimento e reduzir a exposição ao risco do incorporador.

Uma das maneiras de potencializar essa oportunidade é através da utilização de ferramentas tecnológicas a favor do estudo dessas informações. Dentre essas ferramentas, destaca-se a modelagem baseada em agentes (MBA). A partir de revisão sistemática da literatura, foi possível identificar 16 estudos que desenvolveram MBAs aplicados ao mercado imobiliário. A figura 1 identifica esses artigos de acordo com o ano de elaboração e país de estudo.

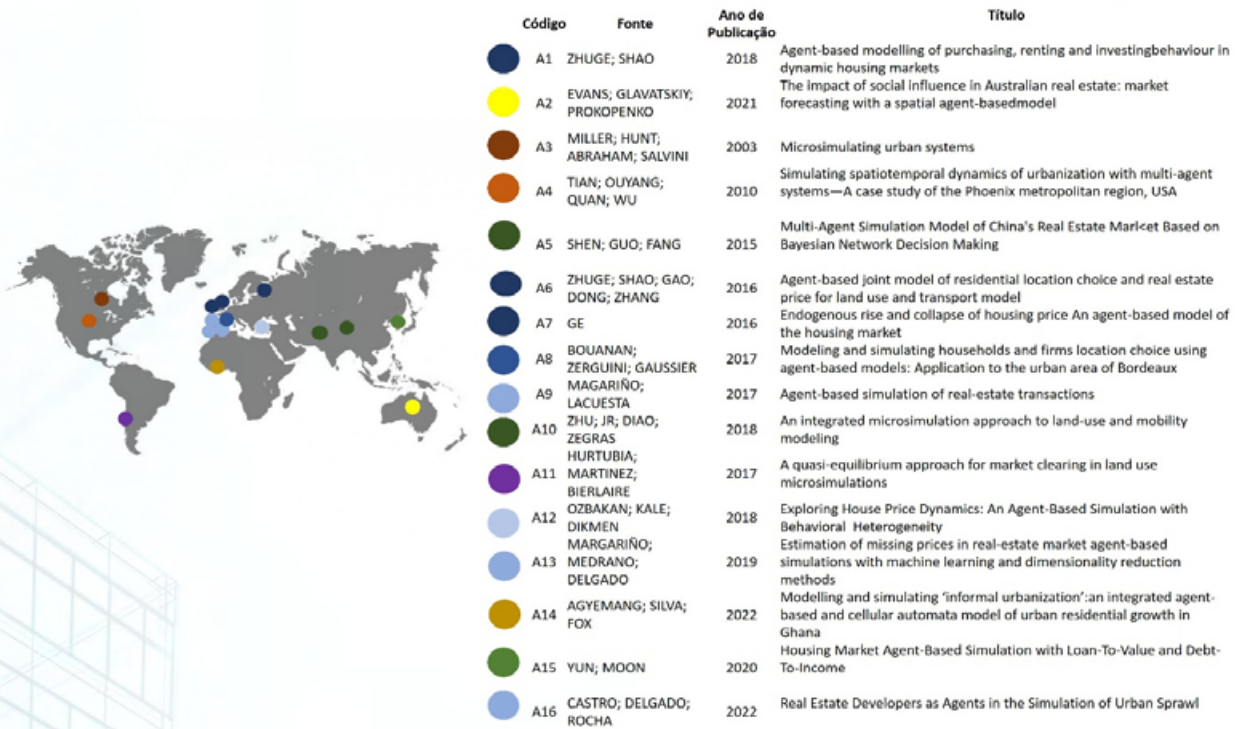


Figura 1 – Artigos identificados na revisão da literatura

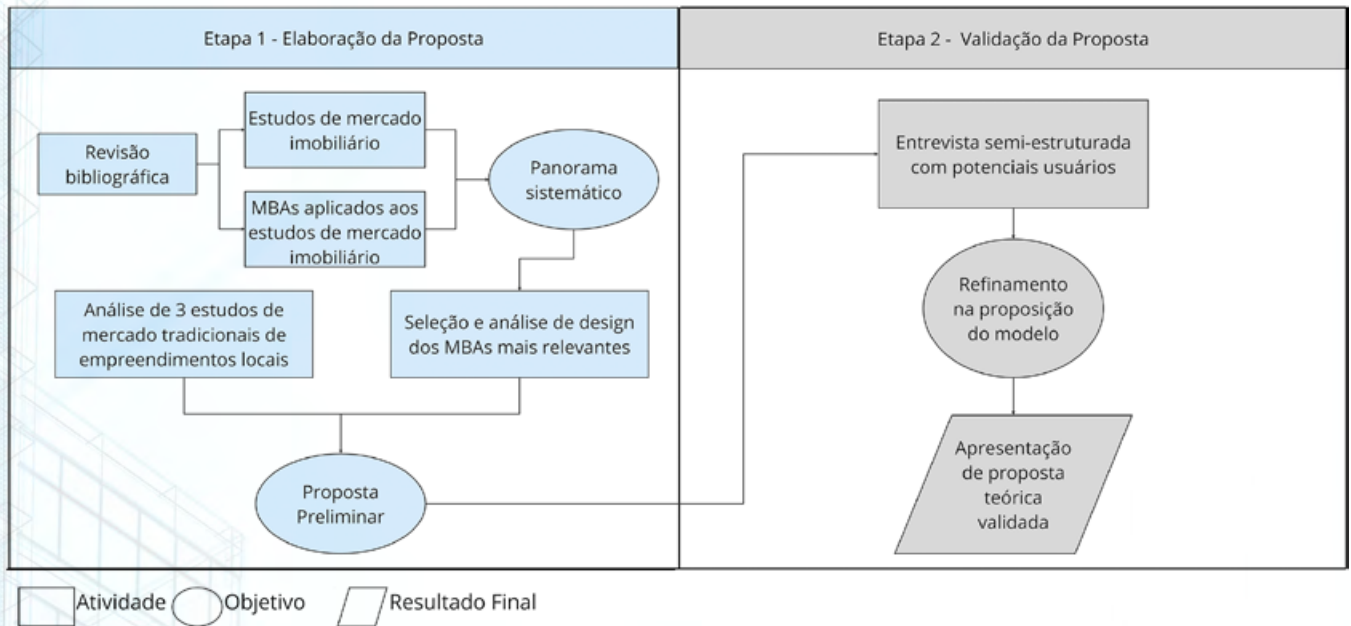
As tendências de estudos sobre MBA aplicada ao MI compreendem a análise de planejamento urbano através do crescimento imobiliário e compreensão dos parâmetros fiscais e regulatórios que envolvem as transações financeiras no mercado. Identifica-se uma lacuna em modelos que busquem otimizar as análises para cenários que de fato auxiliem o incorporador imobiliário na elaboração de um novo empreendimento.

Finalmente, observa-se que boa parte dos trabalhos foram desenvolvidos na Europa, com destaque para Espanha e Reino Unido. Não foram identificados estudos no território nacional. Destaca-se, portanto, uma oportunidade de estudo no tema com foco no MI brasileiro.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas: Elaboração da proposta e Validação da proposta a partir de potenciais usuários(as). A Figura 2 apresenta o fluxograma das atividades desenvolvidas em cada etapa da pesquisa.

Figura 2 – Fluxograma das atividades desenvolvidas



A Etapa 1 (Elaboração de Proposta), inicialmente compreendeu em uma revisão bibliográfica sobre o MI nacional e modelos baseados em agente aplicados ao setor. A partir dessa atividade, foram identificados e analisados dezesseis estudos aplicados (figura 1). O conteúdo desses estudos foi analisado a partir do seu cruzamento com informações de três estudos tradicionais de mercado desenvolvidos por incorporadora imobiliária atuante na região metropolitana de Salvador – Bahia, denominados neste trabalho de EM1, EM2 e EM3. Essa atividade objetivou elencar as características e parâmetros mais relevantes de cada MBA analisado com as características, os critérios e as demandas de estudos mercadológicos feitos para a região.

Como resultado das análises realizadas, foi desenvolvido o escopo de uma proposta preliminar que buscou sintetizar as informações e selecionar os principais critérios que impactam o sucesso ou não de um lançamento imobiliário na região. O escopo compreendeu a descrição das funcionalidades básicas, características e seleção dos agentes, ambiente, interações do modelo, além dos dados de entrada e saída necessários.

A Etapa 2 compreendeu no desenvolvimento e validação da proposta preliminar a partir da percepção de potenciais usuários(as) do modelo. Para tal, realizaram-se entrevistas semiestruturadas com quatro indivíduos: E1 (arquiteto e urbanista, gerente de vendas de incorporadora, com oito anos de atuação no mercado imobiliário da região); E2 (engenheiro civil, integrante do setor de engenharia a montante de construtora, com quatro anos de atuação no mercado imobiliário da região); E3 (engenheira civil, assistente de Incorporação Imobiliária de Incorporadora, com dez anos de atuação no mercado imobiliário da região; e E4 (engenheiro Civil, Engenheiro comercial de Construtora, com três anos de atuação no mercado imobiliário da região).

As entrevistas inicialmente compreenderam em uma introdução a modelagem baseada em agentes e uma apresentação da proposta preliminar, onde foi detalhado como o modelo proposto funcionaria e quais resultados poderiam ser obtidos. Posteriormente, os(as) usuários(as) responderam a doze perguntas, divididas nos seguintes blocos:

- B1(Opinão geral): Bloco com quatro perguntas abertas com o objetivo de entender a percepção do(a) usuário(a) sobre a ferramenta como um todo, identificando seus pontos fortes e fracos, e oportunidades para ajustes e melhorias;
- B2(Tendências de mercado): Bloco com duas perguntas fechadas que visam avaliar a efetividade da ferramenta em apresentar tendências do mercado imobiliário;
- B3(Insights para tomada de decisão): Bloco com duas perguntas fechadas que buscam analisar como a ferramenta pode auxiliar a tomada de decisão do(a) usuário(a) a partir das informações fornecidas, identificando possíveis insights que ela pode oferecer;
- B4(Confiabilidade): Bloco com duas perguntas fechadas que objetivam identificar a percepção do(a) usuário(a) frente a confiabilidade das informações geradas pela ferramenta e se ele(a) se sente seguro(a) para utilizá-la em suas tomadas de decisão;
- B5(Oportunidade de novos negócios): Bloco com duas perguntas fechadas que visam avaliar se a ferramenta tem potencial para oferecer oportunidades para os(as) usuários(as) gerarem novos negócios.

Todas as respostas (abertas e fechadas) foram registradas com a devida autorização do(a) entrevistado(a) e posteriormente analisadas em conjunto, levando-se em consideração as notas de concordância atribuídas por cada indivíduo para as perguntas fechadas. As perguntas fechadas possuíam respostas em escala 1 a 10, conforme metodologia NPS (Net Promoter Score), adotando-se a seguinte classificação:

- Respostas entre 9 e 10 indicam um alto nível de concordância do(a) entrevistado(a) com o aspecto em análise, sugerindo que o(a) mesmo(a) enxerga um ganho real e relevante em relação ao tema;
- Respostas entre 7 e 8 indicam um nível médio de concordância do(a) entrevistado(a), apontando um interesse genuíno, mas não considerando o aspecto em análise como fundamental para seu cotidiano;
- Respostas entre 0 e 6 indicam baixo nível de concordância do entrevistado, indicando falta de interesse ou necessidade em relação ao aspecto em análise.

Como resultado das análises realizadas, a estrutura inicialmente proposta de modelagem baseada em agentes para análise do mercado imobiliário foi validada, sendo apresentada no item 4 deste documento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Elaboração da Proposta

Os principais objetivos das pesquisas de MI são identificar quais são as características em comum do público que tem interesse em comprar um imóvel na cidade e compreender o comportamento de consumo de possíveis investidores. E os principais parâmetros e critérios comportamentais observados em EM1, EM2 e EM3 são: a localização do imóvel; o perfil pessoal do cliente (renda, família, idade etc.); as áreas comuns do empreendimento e as condições de pagamento e preço do imóvel. Dos modelos identificados na literatura (Figura 1), três (A5, A15 e A16) apresentaram alinhamento de seus propósitos, parâmetros e critérios com o estudo de viabilidade de novas incorporações, questão objeto deste trabalho. E dentre os parâmetros e critérios comportamentais mais relevantes na tomada de decisão de um indivíduo na compra e venda de um imóvel na região de Salvador, observa-se que as condições de pagamento, em particular, são consideradas pelos três (Tabela 1).

A5 desenvolve um MBA que utiliza redes Bayesianas para avaliar a dinâmica do mercado imobiliário chinês. O modelo considera a interação de diversos agentes, como compradores, vendedores e desenvolvedores imobiliários, bem como fatores externos, como a economia e a política pública. O modelo destaca nesta análise a renda do comprador e condições de pagamento, bem como características físicas do imóvel. A15 apresenta um modelo que analisa minuciosamente os parâmetros e critérios comportamentais dos stakeholders do mercado imobiliário da Coreia do Sul, considerando idade do usuário, composição familiar, renda, região e tamanho do imóvel, além das condições de pagamento. Finalmente, A16 apresenta uma proposição teórica de modelo para o mercado imobiliário em Madri e conclui que os principais fatores que devem ser considerados pelo incorporador imobiliário são: as taxas de juros da economia; os investimentos locais; a acessibilidade do imóvel a vias públicas de transporte; as leis locais de uso e ocupação do solo e a idade do público-alvo.

Tabela 1 – Parâmetros e critérios comportamentais

Modelos	ASPECTOS DE MERCADO											
	Tamanho do imóvel	Idade	Composição familiar	Renda Mensal	Análise geográfica (próximo a escola, hospital,...)	Concorrência	Quant. de quartos	Quant. de banheiros	Vagas de garagem	Condições de pagamento	Áreas de lazer	Preferências de mobilidade
A5				•			•	•	•	•	•	
A15	•	•	•	•	•					•		
A16	•	•			•	•				•		•

Aspecto Considerado em EM1, EM2 e EM3

Os parâmetros de saída obtidos por esses três modelos são validados para o contexto do país analisado, mas observa-se que todos podem ser adaptados para as condições da região metropolitana de Salvador. Dentro da proposta de modelagem baseada em agentes para análise do mercado imobiliário local, identifica-se potencial de adaptação do modelo produzido em A5. A MBA proposta por Shen, Guo e Fang (2015) considera a interação de diversos agentes, como compradores, vendedores e desenvolvedores imobiliários, bem como fatores externos, como a economia e a política pública, o que permite inferir com maior assertividade os principais “stakeholders” presentes no cenário do mercado imobiliário.

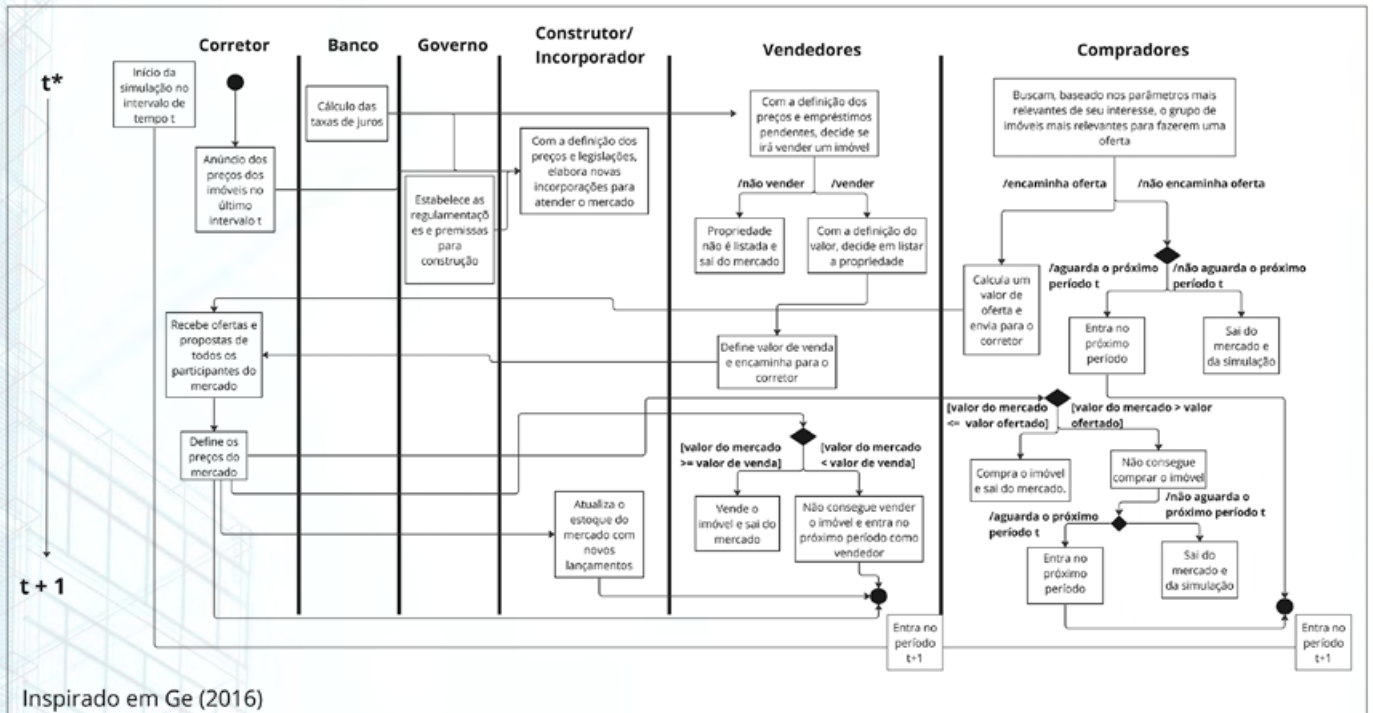
Por outra parte, destaca-se a estrutura do modelo proposto por A7 (GE, 2016). A7 apresenta um MBA cujo propósito é analisar as bolhas econômicas do mercado imobiliário. A estrutura desse modelo permite simular cenários no mercado imobiliário local para auxiliar o incorporador na tomada de decisão, visto que, através da simulação das transações envolvendo o setor, é possível prever padrões que levem a uma possível crise, conforme apresentado no artigo.

O Quadro 1 apresenta as principais características do modelo baseado em agentes que compõem o SimEstate. As interações e os agentes apresentados na proposta de modelo são baseados em A5, em especial nas decisões de suas preferências, tomadas de decisão e estratégias de negociação. A Figura 3, por sua vez, apresenta a estrutura esquemática de funcionamento do SimEstate, a partir de adaptações do modelo desenvolvido por A7. A escala de tempo e espaço considerada pelo modelo é variável, dependendo do objetivo da simulação. Pode-se simular o comportamento do mercado em um curto período, como um mês, ou em um período mais longo, como um ano ou mais. A população do modelo é composta por compradores, vendedores, construtoras / incorporadoras, governo e bancos / instituições financeiras.

Quadro 1 – Características do modelo proposto

Propósito e processo	O modelo visa simular o comportamento do mercado imobiliário em relação à oferta e demanda de imóveis, a fim de fornecer informações relevantes para a tomada de decisão de incorporadoras durante o estudo de viabilidade de um lançamento.
Avaliações	Avaliações de oferta e demanda de imóveis, preços de venda e aluguel, dentre outros dados relevantes para a análise do mercado imobiliário.
Visualizações	O modelo pode ser visualizado por meio de gráficos e tabelas que apresentem os indicadores de avaliação, permitindo uma análise mais clara dos resultados da simulação. Também é possível visualizar o ambiente virtual e as interações entre os agentes por meio de animações e modelos 3D.
Sistemas externos	O modelo pode ser integrado a sistemas externos, como plataformas de CRM (Customer Relationship Management) e BI (Business Intelligence), para permitir uma análise mais precisa dos dados e resultados da simulação. Além disso, pode ser conectado a bancos de dados de mercado imobiliário para acessar informações reais sobre preços, tendências e comportamento do mercado.
Escalas de tempo e espaço	O modelo utiliza uma escala de tempo que pode ser ajustada de acordo com a necessidade dos usuários, permitindo simulações em curto, médio e longo prazo. Já a escala de espaço é definida pelo tamanho da área em que o lançamento imobiliário será realizado, podendo variar de acordo com a localização e tipo de empreendimento.
População	A população do modelo é composta pelos agentes envolvidos nas transações do mercado imobiliário, são eles: Compradores, Vendedores, Construtoras, Governo e Bancos/Instituições financeiras. Cada agente é representado por um conjunto de características, conforme apresentado na tabela 2. O número de agentes pode ser ajustado de acordo com a localização analisada.
Regras físicas	As regras físicas do modelo são definidas pelos parâmetros do ambiente virtual, como tamanho e disposição dos imóveis, infraestrutura local e condições climáticas. Essas regras podem ser ajustadas de acordo com as características do mercado local em que o usuário deseja analisar.

Figura 3 - Fluxograma do modelo proposto



Cada tipo de agente tem suas próprias características e decisões (Tabela 2). As regras físicas do modelo incluem fatores de localização dos imóveis, tamanho, idade, quantidade de quartos, banheiros, vagas de garagem e áreas de lazer, conforme observado na análise dos estudos de mercado.

Finalmente, a Tabela 3 apresenta as informações que se tornam disponíveis para o(a) usuário(a) a partir das simulações realizadas no SimEstate, ao final de cada período t , escala de tempo definida como parâmetro de entrada pelo(a) usuário(a). Os dados gerados são compilados de maneira gráfica, em alinhamento com as expectativas propostas em A15. Por meio dessas informações, os incorporadores podem avaliar os riscos e benefícios de um novo empreendimento, bem como tomar decisões mais informadas em relação à sua estratégia de negócios.

Tabela 2 – Características dos agentes do modelo proposto

Agente	Características	Propósito	Ambiente	Interações
Compradores	<ul style="list-style-type: none"> •Capacidade de compra: representa o poder financeiro dos compradores para adquirir imóveis; •Preferências e necessidades em relação às propriedades imobiliárias: envolve as características e as necessidades dos compradores em relação ao imóvel, como localização, tamanho, número de quartos, entre outros; •Conhecimento do mercado: os compradores podem ter diferentes níveis de conhecimento sobre o mercado imobiliário e suas tendências, o que pode influenciar suas escolhas. 	Buscam adquirir um imóvel que atenda às suas necessidades e desejos, levando em conta fatores como preço, localização, tamanho, qualidade e segurança.	Mercado imobiliário	Interagem com os agentes vendedores e as construtoras para obter informações sobre os imóveis disponíveis, negociar preços e condições de pagamento e fechar negócios.
Vendedores	<ul style="list-style-type: none"> •Oferta de propriedades imobiliárias: refere-se à quantidade de imóveis disponíveis no mercado, que pode influenciar diretamente os preços; •Preços das propriedades imobiliárias: é o valor que os vendedores pedem pelos seus imóveis, e que pode ser influenciado pela oferta e demanda, bem como pelas condições do mercado; •Motivação para vender: os vendedores podem ter diferentes razões para querer vender seus imóveis, como mudança de cidade ou necessidade de dinheiro, o que pode influenciar as negociações. 	Oferecem imóveis para venda, buscando obter o melhor preço e condições de venda possíveis.	Mercado imobiliário	Interagem com os agentes compradores para apresentar seus imóveis, negociar preços e condições de venda e fechar negócios.
Corretores	<ul style="list-style-type: none"> •Comunicação entre compradores e vendedores: é o papel de intermediar e facilitar as negociações entre compradores e vendedores de imóveis; •Comissões sobre vendas imobiliárias: refere-se ao valor que os corretores recebem pelos seus serviços, que pode ser uma porcentagem do valor da venda ou um valor fixo; •Conhecimento do mercado: os corretores podem ter um conhecimento mais aprofundado sobre o mercado imobiliário e as tendências, o que pode ajudá-los a orientar compradores e vendedores. 	Atuam como intermediários entre compradores e vendedores, auxiliando na busca de imóveis e na negociação de preços e condições de venda.	Mercado imobiliário	Interagem com os agentes compradores e vendedores, apresentando imóveis para venda, auxiliando na negociação de preços e condições de venda e facilitando a conclusão dos negócios.
Construtoras/ Incorporadoras	<ul style="list-style-type: none"> •Oferta de unidades imobiliárias em desenvolvimento: refere-se à quantidade e às características das unidades que estão sendo construídas pelas construtoras/incorporadoras. •Preços de venda: é o valor que as construtoras/incorporadoras pedem pelas unidades imobiliárias em desenvolvimento, levando em conta os custos de construção e as condições do mercado. 	Responsáveis pela construção de imóveis, buscam maximizar a rentabilidade de seus empreendimentos.	Mercado imobiliário	Interagem com os agentes compradores e vendedores, oferecendo imóveis para venda e negociando preços e condições de venda.
Governo	<ul style="list-style-type: none"> •Regulamentações e leis imobiliárias: são as normas estabelecidas pelo governo que regulam o mercado imobiliário; •Políticas de incentivo ao setor imobiliário: são as medidas tomadas pelo governo para estimular o mercado imobiliário, como redução de impostos ou facilidades de crédito; •Zoneamento urbano: define os usos permitidos para cada região da cidade, o que pode influenciar o valor dos imóveis e o interesse de investidores. 	Regulamenta o mercado imobiliário, definindo leis e normas que visam garantir a qualidade dos imóveis, proteger os direitos dos compradores e vendedores e estimular o desenvolvimento do setor.	Ambiente político e jurídico	Interage com os agentes compradores, vendedores e construtoras, estabelecendo normas e regulamentações para o mercado imobiliário e fiscalizando o cumprimento das mesmas.
Bancos e instituições financeiras	<ul style="list-style-type: none"> •Taxas de juros: são as taxas cobradas pelas instituições financeiras para emprestar dinheiro para a compra de imóveis; •Condições de financiamento de imóveis: envolve os termos e as condições do financiamento de imóveis, como prazos, valores e garantias exigidas. 	Fornecem crédito imobiliário para os compradores, permitindo que possam adquirir imóveis com condições de pagamento facilitadas.	Sistema financeiro	Interagem com os agentes compradores, avaliando sua capacidade de pagamento e fornecendo empréstimos para a compra de imóveis.

Tabela 3 – Informações de saída e o conhecimento gerado para o usuário

Dados Produzidos	Conhecimento Gerado
Volume de vendas do lançamento x Escala de Tempo	Auxílio na identificação das tendências do MI ao longo do tempo (exemplo: se as vendas começarem a diminuir em um determinado período, isso pode indicar uma mudança na demanda do MI ou nas condições econômicas).
Preço de Venda x Escala de Tempo	Auxílio na avaliação da eficácia dos preços de venda de um novo empreendimento. (exemplo: se as vendas estiverem abaixo do esperado, pode ser necessário reavaliar os preços para alinhamento com a demanda do MI).
Unidades vendidas em "t" x Tipo de Lançamento	Identificação das preferências do cliente; Determinação do potencial de mercado.
Distribuição de compradores x Faixa Etária	Identificação do público alvo; Previsão de demanda e novas oportunidades de mercado.
Distribuição de compradores x Renda	Identificação do público alvo; Previsão de demanda e novas oportunidades de mercado.

4.2 Validação da Proposta a partir de Potenciais Usuários

As figuras 4 e 5 apresentam os resultados da avaliação da aplicabilidade da ferramenta proposta a partir da percepção de potenciais usuários(as) da ferramenta. Os gráficos apresentam as respostas individuais dos(as) entrevistados(as), bem como a média das respostas de cada pergunta fechada.

Figura 4 – Respostas obtidas por entrevistado(a)

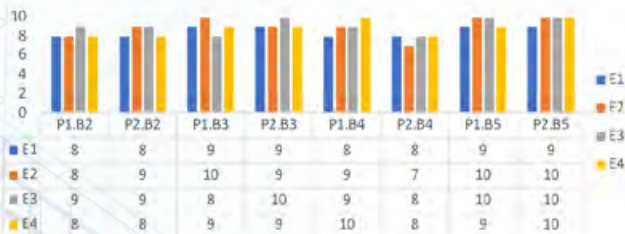
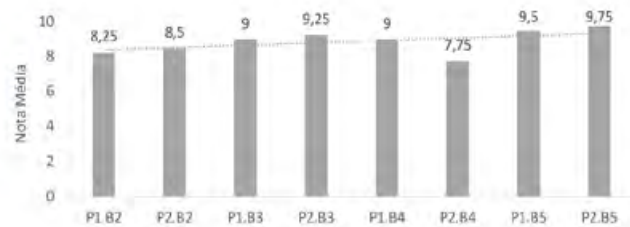


Figura 5 – Média de notas por pergunta e bloco



A maior parte das respostas fechadas obtiveram valores entre 9 e 10, indicando que os(as) entrevistados(as) enxergam um ganho real e relevante em relação à plataforma. Os tópicos melhor ranqueados estão relacionados à produção de insights para a tomada de decisão e criação de novas oportunidades de negócio. A personalização da plataforma, o layout proposto e a aplicabilidade do modelo foram os pontos que mais foram destacados como pontos fortes da plataforma. E1 em particular, destaca a flexibilidade do modelo para se ajustar a diferentes cenários.

E1 e E2 ressaltaram que, embora a proposta apresente um grande potencial de uso no mercado, é preciso que o modelo seja posto em prática para validação das proposições apresentadas. Por outra parte, em relação a inovação e sustentabilidade da proposta, E2 indica que SimEstate possui elevada capacidade de revolucionar o mercado dado a precariedade de outras opções atuais além da pesquisa tradicional.

Por fim, observa-se que todos(as) os(as) entrevistados(as) ficaram agradados com os potenciais de aplicabilidade e ressaltaram que existem mais informações que o modelo poderia apresentar de modo a aumentar a quantidade de informações a serem geradas.

5. CONCLUSÕES

As pesquisas de mercado tradicionais e a opinião dos “stakeholders” do mercado são fundamentais na elaboração de um modelo baseado em agentes com vistas ao auxílio na tomada de decisões dos incorporadores em um novo lançamento. Conforme evidenciado em A16, é preciso mapear as dores do mercado local através de entrevistas com desenvolvedores imobiliários da região que se deseja analisar, para validar e otimizar as informações para a proposição de um MBA.

Este trabalho propôs uma ferramenta que objetiva simular cenários que estudam o comportamento dos principais participantes do mercado imobiliário, através de interações que tragam dados relevantes que auxiliem os incorporadores na tomada de decisão, tornando o processo (1) mais ágil, à medida que há a possibilidade de testar vários cenários; (2) mais qualificado, por permitir uma comparação de resultados com parâmetros diferentes; e (3) potencialmente mais sustentável, com

a otimização do tempo e análise de fatores que muitas vezes são dores constantes do mercado imobiliário. Potenciais usuários(as) indicam que a ferramenta pode trazer ganhos significativos no dia a dia, permitindo um aumento considerável na eficiência de novos lançamentos.

Diante disso, pôde-se constatar o potencial do uso da plataforma SimEstate para análise do mercado imobiliário na região metropolitana de Salvador, pois uni dores frequentes do setor e busca soluções mais práticas. A proposta se destaca pela possibilidade de apoiar decisões nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos em tempo reduzido, contribuindo de forma relevante para tomada de decisões mais sustentáveis e eficientes de seus usuários. Como continuidade do projeto, é previsto o amadurecimento da proposta para um protótipo e, posteriormente, um MVP.

6. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 12.721**. Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BOUANAN, Youssef. ZERGUINI, Seghir. GAUSSIÉ, Nathalie. Modeling and simulating households and firms location choice using agent-based models: Application to the urban area of Bordeaux, Universidade de Bordeaux. In: 2017 **Winter Simulation Conference (WSC)**, Las Vegas: WSC, 2017, pp. 1121-1132.

BRASIL. **Lei nº. 4.591**, de 16 de dezembro de 1964. Condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias. 1964. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4591.htm> Acesso em: 15 dez. 2022.

CASTRO, Geovanna; DELGADO, Montserrat; ROCHA, Wenseslao. Real Estate Developers as Agents in the Simulation of Urban Sprawl. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n.15, 2022.

CUNHA, Vinícius. **Análise de viabilidade: estudo de caso de incorporação imobiliária**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 90 p.

GE, Jiaqi. Endogenous rise and collapse of housing price: An agent-based model of the housing market. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 62, p. 182-198, 2016.

GETCHELL, Adam. **Agent-based Modeling**. 2008. Disponível em: <<http://econ2.econ.iastate.edu/tesfatsi/AgentBasedModeling.AdamGetchell.phy250.Report.pdf>> Acesso em: 15 dez. 2022.

HAMILL, Lynne; GILBERT, Nigel. **Agent-Based Modelling in Economics**. Wiley Online Library, 2016.

MARSHALL, Brandon D. L. Agent-Based Modeling. In: El-Sayed, Abdulrahman M.; Galea, Sandro. **Systems Science and Population Health**. New York: Oxford Academic, 2017.

ROCHA, Katia. **Três Ensaio sobre a Metodologia de Apreçamento de Ativos utilizando Opções Reais**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2006.

SHEN, Yang; GUO, Yongchen; FANG, Zhigeng. Multi-agent simulation model of China's real estate market based on Bayesian network decision making. In: **Proceedings of IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services**. IEEE, 2015. p. 363-368.

TRELEAVEN, Philip; ENGIN, Zeynep. Algorithmic Government: Automating Public Services and Supporting Civil Servants in using Data Science Technologies. **Section C: Computational Intelligence, Machine Learning and Data Analytics. The Computer Journal**, v. 62, n. 3, 2019.

YUN, Tae; MOON, Chul. Housing Market Agent-Based Simulation with Loan-To-Value and Debt-To-Income. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 23, n. 4, 2020.

UM ESPAÇO CULTURAL NO CENTRO ANTIGO DE SALVADOR

Aluno: Guilherme de Castro Fortuna
Orientador: Manoel Messias Teixeira Júnior

RESUMO

Imagem 01: Croqui do Projeto



Fonte: Acervo Pessoal

FICHA TÉCNICA

Localização: Praça Castro Alves - Salvador - Bahia

Ano: 2022

Status: Projeto

Área do Terreno: 7.821 m²

Área Construída: 11.823,31 m²

Estrutura: Concreto e Aço

Materialidade: Concreto, Vidro, Madeira, Metal

O projeto se trata de um equipamento público que busca estimular as relações interpessoais e fomentar o capital intelectual nos indivíduos através da cultura. Ele visa reconhecer e conectar as diversas manifestações culturais presentes em Salvador, proporcionando espaços para atividades que incentivam novas formas de expressão através da simbiose entre as artes.

O projeto está situado em uma área de preservação cultural e paisagística, no bairro do Centro Antigo, com vista para a Baía de Todos os Santos. Seu terreno possui 7.800 m² e tem cerca de 12.000 m² de área construída.

O conceito se apoia em elementos náuticos, como as gruas no porto e seus containers. Traduzindo-se em uma volumetria que negocia com a paisagem, prevendo o mínimo de barreiras visuais no acesso principal que parte de uma grande praça pública, abraçando os patrimônios imateriais da área, sem perder sua imponência.

Adotou-se romper o volume do edifício em 2 blocos conectados por passarelas, colocando-os ambos elevados, gerando áreas de sombra para a praça. Esses volumes são sustentados pela composição de pilares centrais, vigas de cobertura invertidas e lajes atirantadas por cabos de aço.

Os materiais utilizados são como uma sinfonia, onde cada elemento possui sua singularidade. O concreto aparente traz a solidez da cidade, o vidro estimula a contemplação do seu entorno valorizando a sua história, a madeira nos conecta com a natureza e o metal faz alusão às estruturas que flutuam sobre o mar, visando uma existência harmoniosa com a paisagem.

1. INTRODUÇÃO

Muito se discute a importância do incentivo à cultura e o quanto seus reflexos de médio a longo prazo são positivos, ocasionando benefícios no cenário inserido e o quanto a implantação desses espaços culturais visam à democratização dos espaços públicos. “A Cultura, assim como a educação, é instrumento de formação do cidadão, serve para desenvolver o senso crítico e possibilitar reflexões.” (PINHEIRO. 2018)

Conhecendo a diversidade de movimentos e expressões culturais que cerca as ruas de Salvador, a escolha para o tema do projeto em pauta se trata de um equipamento público para a cidade buscando contribuir com o crescimento sociocultural dos frequentantes das atividades oferecidas nos espaços projetados, quanto da área que será instalado.

A pesquisa se propõe a desenvolver um anteprojeto de um Espaço Cultural, em uma escala de cidade, contendo múltiplos usos, permeado por áreas de debates e lazer contemplativo, como atividades que auxiliam na fomentação de diversos campos na qual a cultura se dispõe, como a música, a dança, o teatro e a literatura.

O objetivo da pesquisa é conceder um equipamento facilitador ao acesso à cultura para moradores da região, dos bairros adjacentes e dos demais moradores da cidade interessados, fomentar um ponto de encontro turístico no local, democratizar os espaços públicos e a vista para a Baía de Todos os Santos, estabelecendo uma relação visual íntegra do seu entorno, que propicie o desenvolvimento de atividades relacionadas à cultura e incentivem o intercâmbio de conhecimentos, possibilitando a criação de novas artes e contribuindo para a paisagem sem perder o respeito à natureza e à história da área.

2. SOBRE O PROJETO

O terreno está localizado no bairro do Centro Antigo de Salvador, em um terreno de aproximadamente 7.800 m², localizado entre as Ladeiras da Conceição da Praia, Ladeira da Montanha e a Escadaria do Sodré.

Imagem 02: Foto do Terreno



Fonte: Google Earth Pro com intervenções do Autor

” Traduz-se em volumes elevados por cabos de aço, fazendo referência aos containers elevados pelas guias na Baía.

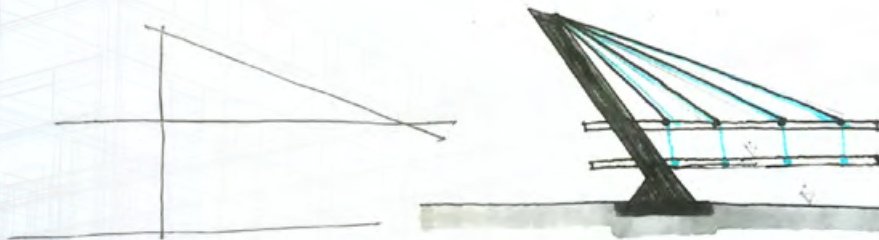
O projeto se trata de um Espaço Cultural que busca facilitar o acesso à cultura, a democratização dos vazios urbanos da cidade, assim como da paisagem, usando desses espaços para o desenvolvimento do capital intelectual e as relações interpessoais estimulando a simbiose entre as artes, contribuir para o crescimento sociocultural dos usuários, com uma arquitetura que permita uma relação visual íntegra com o entorno respeitando a história do entorno, possuindo diretrizes que considera as manifestações culturais existentes, como o Carnaval.

A área do terreno também está inserida em uma Área de Proteção Cultural e Paisagística (APCP), denominada “Trecho 4: Conceição até a encosta da Vitória”, trecho esse considerado Área de Proteção Rigorosa (APR).

3. CONCEITO E PARTIDO

Diante das limitações e potencialidades da área, busquei inspiração no próprio entorno para o projeto. A região é marcada por casarões históricos, uma vista privilegiada para o mar da Baía de Todos os Santos e atividades navais e marítimas, como o Porto Marítimo de Salvador, que transformou a paisagem após a industrialização nos anos 40 e 50, com suas guias visíveis a grandes distâncias.

Imagem 03: Primeiros Croquis



Fonte: Acervo Pessoal

Para compor a forma do projeto, adotei referências aos elementos náuticos existentes na paisagem, como navios atracados na baía e containers suspensos por cabos de aço transportados pelas guias. Além disso, foram consideradas diretrizes como a não obstrução da paisagem, o diálogo com o pedestre e com o contexto, além das manifestações culturais tradicionais da região, como o carnaval.



Para não interromper a vista para a baía e adaptar-se às manifestações culturais, o projeto inclui uma grande praça pública no nível de acesso e eleva os volumes da midiateca e galeria, resultando em uma vista quase total para a cidade baixa.

Imagem 04 e 05: Fachada voltada para Praça Castro Alves



Fonte: Acervo Pessoal

Os volumes se acomodam na encosta compondo os espaços vazios da falha geográfica, respeitando o contexto e evitando sobrepor o Monumento a Castro Alves. O volume da galeria foi dividido em 2 blocos para dialogar melhor com a ruptura linear do terreno, conectando-os por passarela, sustentados através de uma composição de pilares centrais, vigas de cobertura invertidas e lajes atirantadas por cabos de aço, tornando a edificação um estímulo para o imaginário popular.

Imagem 06: Fachada voltada para Baía de Todos os Santos

Fonte: Acervo Pessoal

4. MATERIALIDADE

Os materiais utilizados na fachada do edifício se assemelham a uma sinfonia arquitetônica, com cada elemento possuindo sua própria singularidade. O concreto é robusto, os panos de vidro flertam e emolduram o céu e o mar, a madeira nos conecta com a natureza e o metal faz referência as estruturas portuárias. A mistura de brises metálicos e amadeirados é como uma dança, criando diferentes ritmos.

Imagem 07: Fachada voltada para Baía de Todos os Santos

Fonte: Acervo Pessoal

5. IMPLANTAÇÃO

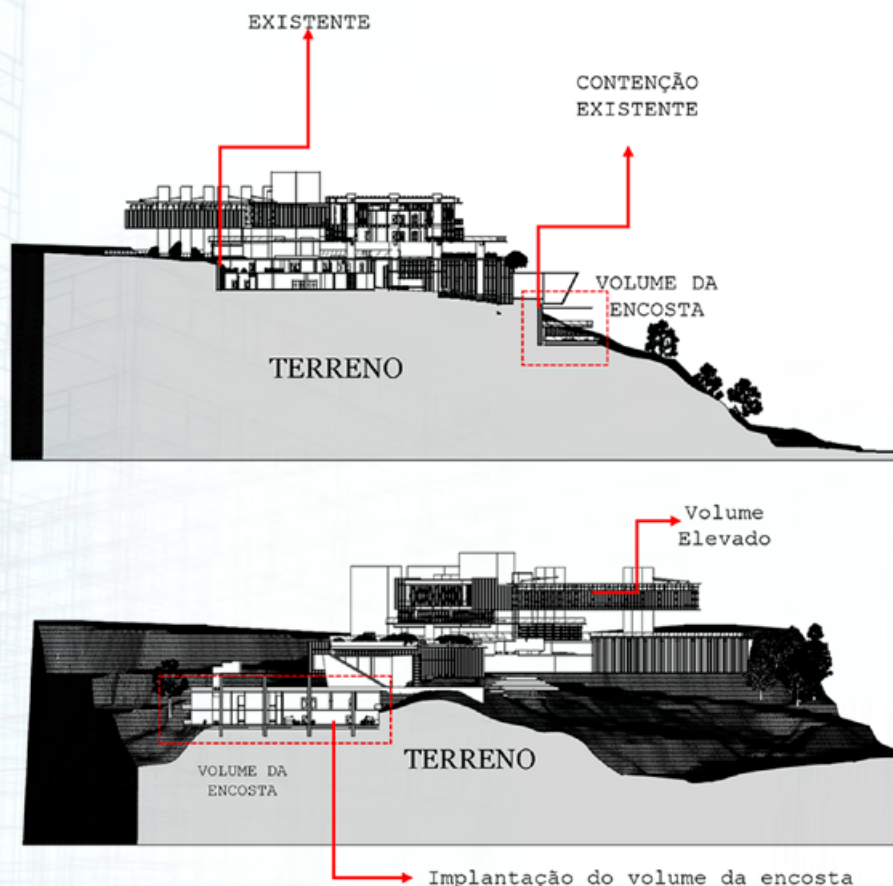
Na implantação do projeto, meu foco foi garantir uma integração harmoniosa com a topografia do terreno, valorizando suas características naturais e minimizando os impactos ambientais. Com especial atenção aos platôs já existentes, busquei explorar suas potencialidades ao máximo, adaptando a arquitetura de forma a tirar proveito de suas planificações e declives.

Tabela 01: índices Urbanísticos

ÁREA DO TERRENO: 7.820,90M ²			
ÁREA TOTAL DO TERRENO		7.820,90 m ²	
RECUOS	FRENTE	LATERAL	FUNDO
	4.00m	1.50m	2.50m

Fonte: Acervo Pessoal

Imagem 08 e 09: Implantação do Projeto no Terreno



Fonte: Acervo Pessoal

A redução de cortes e aterros ao mínimo necessário é um princípio fundamental. Respeitar a topografia e trabalhar em harmonia com o terreno, fez com que o projeto alcançasse uma inserção orgânica no ambiente, enriquecendo a paisagem.

Para não interromper a vista para a baía e adaptar-se às manifestações culturais, o projeto inclui uma grande praça pública no nível de acesso e eleva os volumes da midiateca e galeria, resultando em uma vista quase total para a cidade baixa.

Imagem 10: Belvedere



Fonte: Acervo Pessoal

Imagem 11: Volume das Oficinas implantado na encosta



Fonte: Acervo Pessoal

6. ACESSOS

De forma sutil e cuidadosa, o projeto se funde harmoniosamente com o entorno urbano, inserindo-se de maneira estratégica em um contexto planejado com sensibilidade. O coração do empreendimento ganha vida através dos logradouros "Ladeira da Montanha" e "Praça Castro Alves", que se destacam como o acesso principal.

Além desses, temos outros acessos: um caminho separado leva ao mirante, guiado pelo encantador logradouro "Ladeira da Conceição da Praia", proporcionando vistas deslumbrantes. Enquanto isso, o acesso para o auditório e a garagem se faz pela "Rua do Sodré" que, embora secundária em relação ao acesso principal, desempenha um papel complementar essencial no conjunto da obra. A disposição estratégica dos acessos possibilita que cada parte do empreendimento conte sua própria história, enquanto se conecta com a narrativa mais ampla do contexto urbano ao redor.

Imagem 12: Acessos



Fonte: Acervo Pessoal

Imagem 13: Acesso da Garagem e Auditório



Fonte: Acervo Pessoal

7. SETORIZAÇÃO E FLUXOGRAMA

Imagem 14: Setorização do Projeto



Fonte: Acervo Pessoal

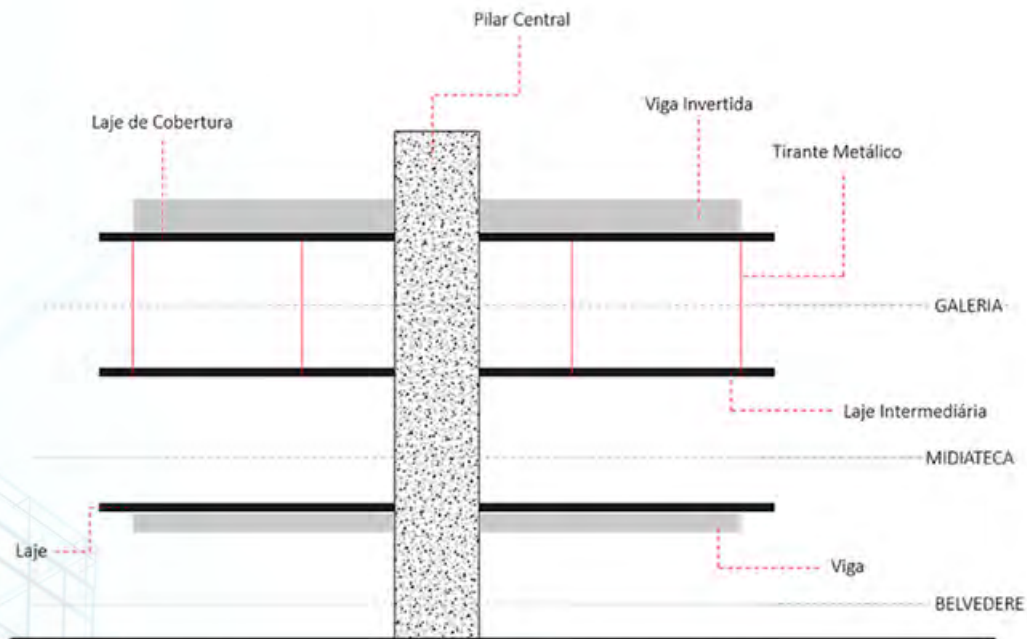
Imagem 15: Fluxograma do Projeto



Fonte: Acervo Pessoal

8. PARTIDO ESTRUTURAL

Buscando a maximização dos espaços livres e a minimização de interferências na paisagem por elementos construtivos, concebe-se o esqueleto estrutural do Centro Cultural como um pórtico composto por pilares centrais em concreto, lajes protendidas, vigas em perfis metálicos e tirantes em aço. Essa estratégia visa à criação de amplos vãos, proporcionando uma sensação de fluidez e abertura nos espaços internos, enquanto a robustez do concreto e a versatilidade do aço trabalham em sinergia para garantir a estabilidade e a segurança estrutural da edificação. O uso de lajes protendidas contribui para a redução de elementos horizontais, permitindo maior liberdade na distribuição dos espaços e possibilitando uma arquitetura mais expressiva e contemporânea.

Imagem 16: Partido Estrutural do Projeto

Fonte: Acervo Pessoal

Os cabos de aço são responsáveis pela sustentação das lajes intermediárias do volume da galeria e midiateca e estão atiradas na laje de cobertura. A laje de cobertura é responsável por sustentar praticamente toda a estrutura dos volumes elevados. Pensada em concreto protendido, armada em um sistema de vigas invertidas, se estrutura a principal peça do projeto. Os demais volumes possuem um sistema estrutural mais comum; Pórticos com vigas bi-apoiadas, lajes e pilares em concreto.

Imagem 17: Maquete Estrutural do Projeto

Fonte: Acervo Pessoal

9. SUSTENTABILIDADE

Alinhado à sustentabilidade, o projeto comprometeu-se em seguir soluções que validem a redução dos impactos ambientais, se preocupando em estar alinhado aos pré-requisitos da categoria platinum na certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

Entre os principais tópicos: sistema de captação e reutilização de águas pluviais para irrigação de áreas verdes, descargas e torneiras. Sistema de energia limpa, como uso de placas solares e fotovoltaicas para tornar a edificação mais autossuficiente energeticamente. Além do uso de brises solares, para ajudar a filtrar a incidência solar, tornando o ambiente mais agradável termicamente, o que ajuda a reduzir o uso de ar-condicionado durante todo o ano

Imagem 18: Vista Geral do Projeto



Fonte: Acervo Pessoal

10. CONCLUSÃO

A cultura é um tema que deve ser fomentado na nossa sociedade, pois, além de ser uma das formas mais autênticas de expressão do ser humano, se trata da raiz do indivíduo, e por ela é possível a compreensão do seu passado e presente.

Esse estudo, busca conceder um equipamento facilitador do acesso à cultura para moradores da região e dos bairros adjacentes, sobretudo, enfatizar a importância da atuação de instituições culturais no cenário baiano, como forma de contribuir na formação do capital intelectual dos indivíduos, tornando os seres mais críticos e engajados socialmente.

Através dos seus espaços que permeiam o desenvolvimento, contemplação e experimentação das artes e expressões culturais, os indivíduos têm a oportunidade de se conectar com a sua raiz e exercer formas de se contribuir para a sociedade.

Desse modo, esse estudo propôs a implantação de um Espaço Cultural que promoverá a democratização do espaço, oferecendo ambientes que permita a experimentação, possibilitando o desenvolvimento e a criação de novas artes, permeando a simbiose de conhecimento entre os usuários.

11. REFERÊNCIAS

- ABDEL, H. Theodor Herzl Center / Asaf Lerman. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/951173/theodor-herzl-center-asaf-lerman>>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- ALENCASTRO, Luís Felipe. **O trato dos viventes: a formação do Brasil no Atlântico Sul**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- ANDRADE, Silvia Carreira de Meneses; SILVA, Liliane Ferreira Mariano da. PENA, João Soares. Requalificação do centro antigo de Salvador através de instrumentos do estatuto da cidade. In: **Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo**. "IX Seminario Internacional de Investig. arquitextos 084.02: **O edifício do Masp como sujeito de estudo**. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.084/245>>. Acesso em: 2 abr. 2022.
- arquitextos 198.04 tecnologia: **A relojoaria do Masp**. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.198/6304>>. Acesso em: 2 abr. 2022.
- As principais obras de Lina Bo Bardi. Disponível em: <<https://engenhariacompartilhada.com.br/Noticia/Exibir/2042573>>. Acesso em: 2 abr. 2022
- BOTELHO, I. **Os equipamentos culturais na cidade de São Paulo: um desafio para a gestão pública**. Revista Espaço e Debates. São Paulo: Núcleo de Estudos Regionais e Urbanos. v.23. n.43-44. 2003.
- BOTELHO, I; FIORE, M. O uso do tempo livre e as práticas culturais na região metropolitana de São Paulo. **Relatório da Primeira Etapa da Pesquisa**. Centro de Estudos da Metrôpole – CEBRAP. 2005.
- Brasil Arquitetura: Museu Rodin. Disponível em: <<https://revistaprojeto.com.br/acervo/brasil-arquitetura-museu-salvador-24-10-2006/>> . Acesso em: 1 abr. 2022.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.
- Cais das artes, vitória, 2011. Disponível em: <<https://metroarquitetos.com.br/projeto/cais-das-artes-metro-arquitetos-paulo-mendes-da-rocha/>>. Acesso em: 1 abr. 2022.
- CARVALHO, Inaiá Maia Moreira de; PEREIRA, Gilberto Corso (Orgs.). **Como anda Salvador e sua região metropolitana**. Salvador: EDUFBA, 2008.
- CONDER. Painel de Informações: Dados Socioeconômicos do Município de Salvador por Bairros e Prefeituras-Bairro. **Sistema de Informações Geográficas Urbanas do Estado da Bahia**. 5ª ed, Salvador, 2016.
- Conheça a biblioteca de Alexandria: uma das mais importantes do mundo. Disponível em: <<https://www.biblio.campusananindeua.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias/573-conheca-a-biblioteca-de-alexandria>>. Acesso em: 7 jun. 2022.

COTRIM, L. et al. **Série Avenida Paulista**: histórias da família Borges de Figueiredo. Disponível em: <<https://spcity.com.br/serie-avenida-paulista-historias-da-familia-borges-de-figueiredo/>>. Acesso em: 2 abr. 2022.

DE HOLANDA, M. Clássicos da Arquitetura: MASP / Lina Bo Bardi. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-59480/classicos-da-arquitetura-masp-lina-bo-bardi>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

Equipe editorial de Conceito.de. (1 de Outubro de 2013). **Conceito de centro cultural**. Conceito.de. <<https://conceito.de/centro-cultural>>. Acesso em: 2 abr. 2022.

Espaço Cultural - Conheça Palmas - Prefeitura de Palmas. Disponível em: <https://portalantigo.palmas.to.gov.br/conheca_palmas/cultura/espaco-cultural/>. Acesso em: 3 abr. 2022.

ESPINHEIRA, Gey; SOARES, Antonio Mateus de Carvalho. Pobreza e marginalização: um estudo da concentração e da desconcentração populacional nas metrópoles latino-americanas: o caso de Salvador, no Brasil. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS**, Minas Gerais, n. 15., p. 18-22 set. 2006.

FERNANDES, G. Cais das Artes / Paulo Mendes da Rocha + METRO. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-16341/cais-das-artes-paulo-mendes-da-rocha-mais-metro>>. Acesso em: 1 abr. 2022.

FERREIRA, José Ribeiro. **Educação em Esparta e em Atenas**: dois métodos e dois paradigmas. Parte: <http://hdl.handle.net/10316.2/2388>, 2010.

GORDILHO, Ângela. Favelas, invasões e ocupações coletivas nas grandes cidades brasileiras: (Re)-Qualificando a questão de Salvador - BA. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, n. 5, p. 63-90, 2001.

HEINONEN, Noora. **A Cidade alta em alta?** Circuitos e cenários das dinâmicas comerciais do centro velho de Salvador. *GeoTextos*, (s/l), v. 1, p. 81-116, 2005.

Historiador revela mentira sobre vão-livre do Masp antes da construção do museu - 09/07/2019 - Ilustrada - **Folha**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ilustrada/2019/07/historiador-revela-dado-falso-sobre-construcao-do-masp.shtml>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

INFOCULTURA - Centro Antigo de Salvador: uma região em debate. Secretaria de Cultura do Estado, **Fundação Pedro Calmon Centro de Memória e Arquivo Público da Bahia**, Salvador, v.1, n.2, 2008.

LIMA, Juliana Domingos de. **O que é o 'efeito Bilbao'. E qual seu impacto sobre uma cidade**. Nexo, 09 de out de 2018 Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2018/10/09/O-que-%C3%A9-o-%E2%80%99efeito-Bilbao%E2%80%99.-E-qual-seu-impacto-sobre-uma-cidade>. Acesso em: 12 mar. 2022.

MASP. Disponível em: <<https://masp.org.br/sobre>>. Acesso em: 5 abr. 2022.

MILANESI, Luís. Augusto. **A casa da invenção**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. Museu Rodin Bahia. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/brasil-arquitetura_/museu-rodinbahia/2799>. Acesso em: 2 abr. 2022.

- Museu Rodin. Disponível em: <<http://www.nelsonkon.com.br/museu-rodin-bahia/>>. Acesso em: 2 abr. 2022.
- NEVES, R. R. Centro Cultural: a Cultura à promoção da Arquitetura. **IPOG – Revista Especializada Online**, Goiânia, v. 1, n. 5, jul.2013.
- NUSSBAUMER, Gisele Marchiori et al. **Um mapa dos teatros de Salvador**. Proceedings of the Encontro de Estudos Multidisciplinares em Cultura, 2006. O concurso do projeto do Centro Pompidou segundo Richard Rogers: “Quem queria fazer um centro cultural centralizado quando todo mundo falava sobre descentralização?” Disponível em: <<https://cosmopista.com/2014/01/05/o-concurso-do-projeto-do-centro-george-pompiou-segundo-richard-rogers-quem-queria-fazer-um-centro-cultural-centralizado-em-u134m-periodo-quando-tudo-mundo-falava-sobre-descentralizacao-cultural/>>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- OLIVEIRA, L. C. DE. **Mapeamento dos equipamentos culturais de salvador museus bibliotecas salas de cinema e teatros**. <<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/27372>> . Acesso em: 14 abr. 2022.
- OLIVEIRA, Livia Cunha de. **Mapeamento dos equipamentos culturais de Salvador**: museus, bibliotecas, salas de cinema e teatros. 42 páginas. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Produção com habilitação em Comunicação e Cultura) – Escola de Comunicação, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2007.
- Paulo Mendes da Rocha + metro arquitetos: Cais das artes. Disponível em: <<https://www.designboom.com/architecture/paulo-mendes-da-rocha-metro-arquitetos-cais-das-artes-museum/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- PINHEIRO, C. **Qual é a importância dos incentivos à cultura?** Disponível em: <<http://institutodea.com/artigo/qual-e-importancia-dos-incentivos-cultura/>>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- PROJETO DESIGN. Brasil Arquitetura: Museu Rodin Relação Entre Edifícios de Séculos.
- Projetos 070.01 institucional: Museu Rodin Bahia. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/06.070/2721>>. Acesso em: 2 abr. 2022.
- RAMOS, Luciene Borges. **O centro cultural como equipamento disseminador de informação**: um estudo sobre a ação do Galpão Cine Horto. 246 páginas. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.
- São Paulo SP Brasil: **O Masp é um patrimônio de todos os brasileiros, e como tal deve ser tratado**. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/05.059/1973>>. Acesso em: 3 abr. 2022.
- TAPIA, D. Museu Rodin Bahia / Brasil Arquitetura. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/910445/museu-rodin-bahia-brasil-arquitetura>>. Acesso em: 2 abr. 2022.
- UZÊDA, Jorge Almeida. A cidade de Salvador e a modernidade da máquina no período de 1935 a 1945. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 19, n. 2, p. 603-615, 2009.

AGENT-BASED SAFETY: MODELO BASEADO EM AGENTES PARA GESTÃO DA SEGURANÇA EM CANTEIROS DE OBRAS

Alunos: Vanessa Cruz Pacheco e Márcio Costa Barros Júnior

Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte

RESUMO

Os canteiros de obra possuem uma natureza dinâmica e apresentam uma complexidade de problemas relacionados à segurança devido à multiplicidade e instabilidade dos fatores envolvidos. A gestão da segurança é uma atividade fundamental no canteiro de obras, pois identifica, controla e avalia os perigos no ambiente de trabalho. Assim, há a necessidade de ferramentas que apoiem a gestão da segurança no canteiro de obras que considere o comportamento humano e as questões culturais da região para identificar estratégias de gestão que promovam a redução de comportamentos inseguros dos trabalhadores. Trabalhos recentes desenvolveram modelos computacionais baseados em agentes para analisar o tema com base em teorias sociais como a teoria do risco e a teoria do comportamento planejado. A modelagem baseada em agentes, ou sua sigla em inglês ABM (Agent-based Modelling), tem se mostrado uma metodologia computacional com forte potencial para a representação e análise simplificada de sistemas complexos, como canteiros de obras. Este artigo apresenta o Agent-Based Safety, uma ferramenta totalmente acessível em computadores que utiliza a modelagem baseada em agentes para auxiliar gestores de produção e técnicos de segurança a identificar as melhores práticas gerenciais a serem aplicadas no canteiro de obras. O protótipo desta ferramenta foi desenvolvido a partir de conceitos empíricos e teóricos. Sua operacionalidade, eficiência, generalidade e facilidade de uso foram avaliadas a partir de simulações realizadas com dados artificiais. Com resultado, destaca-se sua facilidade de uso e capacidade de auxiliar os gestores a simular diferentes cenários de estratégias gerenciais, de modo a identificar ações mais assertivas para promover um ambiente mais saudável, sustentável e seguro no canteiro.

Palavras-chave: Modelagem baseada em agentes. Inovação. Gestão da segurança. Construção Civil. Canteiro de obras.

1. INTRODUÇÃO

O setor da Construção Civil possui grande relevância na estrutura econômica do país, sendo responsável por uma considerável parte da geração de empregos no Brasil (CBIC, 2022). Entretanto, a preocupação com a segurança na Indústria da Construção Civil tem chamado cada vez mais atenção das grandes empresas, tanto devido aos altos índices de acidentes que ainda ocorrem nesse ambiente quanto aos impactos negativos à eficiência produtiva e à responsabilidade social da organização.

De acordo com o Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho (SMARTLAB, 2022), aconteceram cerca de 446,9 mil acidentes de trabalho no país em 2020, quando mais de 10 mil ocorreram somente dentro do setor da construção. Os acidentes e lesões na construção civil resultam em despesas diretas (custos médicos e seguros de acidentes de trabalhos) e indiretas, como

atrasos no andamento da construção, diminuição da motivação do trabalhador e efeitos negativos na reputação das empresas (BAVAFA; MAHDIYAR; MARSONO, 2018). Estes afetam a produtividade econômica e oneram o país devido a gastos com benefícios acidentários, aposentadorias especiais, assistência à saúde do acidentado, indenizações, retreinamentos, reinserção no mercado de trabalho e horas de trabalho perdidas (CAPONI, 2004; VENDRAME; GRAÇA, 2009; PEINADO, 2019).

Para garantir a segurança dos colaboradores na construção civil, é essencial criar um ambiente de trabalho que valorize a vida humana. Isso implica em conduzir um processo construtivo seguro e respeitoso aos trabalhadores, em conformidade com os princípios da Governança Ambiental, Social e Corporativa (ou ESG), os quais defendem boas práticas de relações de trabalho, que direta ou indiretamente promovem a segurança dos colaboradores e contribuem para um ambiente mais saudável e sustentável na construção civil.

É perceptível que assegurar a segurança dos trabalhadores na indústria da construção civil é uma tarefa ampla e desafiadora, dadas as condições de trabalho dinâmicas e complexas que permeiam esse ambiente. Infelizmente, os acidentes e fatalidades ainda são um problema global, mesmo com as reformas regulatórias, a legislação e as pesquisas já existentes (DING et al., 2018).

Assim, com o advento da Indústria 4.0, é possível identificar uma oportunidade de aplicação de metodologias computacionais para criar ferramentas que auxiliem a gestão da segurança, visto que diversos autores apontam o impacto positivo de estratégias gerenciais no comportamento de segurança dos trabalhadores em um canteiro de obras (ALRUQI; HALLOWELL; TECHERA, 2018; ZHANG et al., 2019).

Neste contexto, destaca-se a modelagem baseada em agentes, ou sua sigla em inglês ABM (Agent-based Modelling). ABM trata-se de uma metodologia computacional que utiliza agentes virtuais para analisar um sistema social complexo (ZHANG et al., 2019). Essa tecnologia permite prever cenários por meio da análise de aspectos comportamentais e do processo decisório dos agentes (HE et al., 2022, LI et al., 2022). Essa abordagem é adequada para solucionar problemas reais em que há muitos agentes autônomos e heterogêneos que interagem uns com os outros e com o ambiente, em um determinado tempo e espaço (FURTADO, 2019). Assim como o ambiente do canteiro de obras, o qual apresenta um sistema complexo, devido à grande diversidade de elementos envolvidos na etapa produtiva da construção (materiais, equipamentos e operários).

Este estudo apresenta o Agent-Based Safety, uma ferramenta que utiliza a modelagem baseada em agentes para ajudar os gestores a simular e avaliar a aplicação de diferentes alternativas de ações gerenciais de segurança em seus canteiros. A partir de uma plataforma totalmente acessível em computadores, a ferramenta pretende auxiliar gestores durante as reuniões de planejamento, tanto para obras em andamento quanto para novas obras, identificando os melhores cenários e as melhores práticas a serem aplicadas, otimizando os recursos organizacionais de segurança e contribuindo para o desenvolvimento de um ambiente mais saudável, sustentável e seguro na construção civil.

2. GESTÃO DA SEGURANÇA NO CANTEIRO DE OBRAS: PANORAMA ATUAL E USO DA MODELAGEM BASEADA EM AGENTES

A gestão da segurança tem como função identificar, controlar e avaliar os perigos presentes no ambiente de trabalho, com o objetivo de evitar resultados indesejáveis. Para isso, ela emprega sua capacidade de: (1) implementar políticas voltadas à identificação e análise de perigos; (2) implementar de medidas de controle; (3) monitorar as conformidades; (3) padronizar os processos; (4) estabelecer procedimentos e (5) controlar o comportamento dos trabalhadores (MELO, 2020).

O planejamento de segurança aparece como um requisito central nos regulamentos, e a NR-18 (BRASIL, 2020) se apresenta como principal norma de segurança relacionada à construção civil, sendo um mecanismo de gerenciamento dos canteiros de obra (SAURIN et al, 2002).

Através da atualização das redações da NR-1 (BRASIL, 2020), da NR-09 (BRASIL, 2018) e NR-18 (BRASIL, 2020), estas apresentam mudanças significativas que passaram a entrar em vigor a partir do dia 10 de março de 2021, como a substituição do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PCMAT) e do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) pelo Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) e pelo Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), os quais devem ser implementados pela organização (empresa contratante).

A partir dessa atualização, o GRO e o PGR tornam-se uma obrigação de todos, não sendo limitado somente aos responsáveis legais pela segurança (BRASIL, 2020, p. 12). Um importante aspecto das atualizações diz respeito à consulta dos trabalhadores em relação à sua percepção de riscos ocupacionais (PEINADO, 2021). As atualizações normativas reforçam a importância e necessidade de atualizar a gestão da segurança nos canteiros de obras, levando em consideração a percepção dos colaboradores que atuam no referido ambiente laboral (PEINADO, 2021).

É imprescindível que a gestão de riscos nos canteiros de obra não seja imposta apenas pela alta direção, mas envolva os trabalhadores que estão na linha de frente, de modo que estes entendam a importância de gerenciar riscos e que isso se torne parte da cultura da empresa. Por consequência, será possível tornar o gerenciamento de riscos mais acessível e menos custoso, evitando problemas que possam prejudicar os trabalhadores e a obra em si (BRAGA, 2017).

Nota-se que diversos autores apontam o comportamento humano como um dos principais fatores relacionados à ocorrência de lesões ocupacionais e acidentes no ambiente de trabalho. E nesse sentido, muitos programas de segurança do trabalho são centrados no comportamento dos indivíduos e na gestão de riscos (LINGARD; ROWLINSON, 2005; PROVAN et al., 2019). Entretanto, os métodos tradicionais utilizados para determinar o comportamento dos colaboradores são predominantemente observacionais e, apesar de úteis, são demorados, trabalhosos e possuem uma natureza subjetiva (DING et al., 2018).

Observa-se uma tendência na literatura de aplicações de modelagem baseada em agentes na gestão da segurança, as quais buscam analisar a postura de segurança dos colaboradores da construção frente aos riscos, tanto com quanto sem a influência de intervenções gerenciais de segurança (ZHANG et al, 2019; HE et al., 2022; LI et al., 2022). A partir de revisão sistemática da literatura, foi

possível identificar dezenove artigos sobre o tema em periódicos internacionais. A maioria das publicações foi realizada no âmbito da China e dos Estados Unidos, com um enfoque predominante no desenvolvimento de modelos teóricos. Esses modelos têm como principal característica a capacidade de abordar padrões amplos sem depender de casos específicos. Logo, nota-se poucos estudos de caso e aplicações práticas dos modelos desenvolvidos.

No panorama identificado, as modelagens desenvolvidas se centram em entender o comportamento de segurança dos trabalhadores nos canteiros de obra, e estas, em sua maioria, se baseiam em teorias sociais comportamentais para justificar a tomada de decisão do agente. Os fatores organizacionais mais analisados foram a influência do feedback dos gestores, seguido dos treinamentos e inspeções de segurança. Contudo, o principal foco dos modelos foi analisar a influência dos colegas de trabalho no comportamento dos agentes. É possível observar, dessa forma, que há uma carência de estudos aplicados que levem em consideração a realidade brasileira, assim como uma falta de integração da tecnologia em projetos reais nos canteiros de obras. Essa integração é fundamental para possibilitar o uso efetivo do ABM como uma ferramenta que auxilia a tomada de decisão dos gestores.

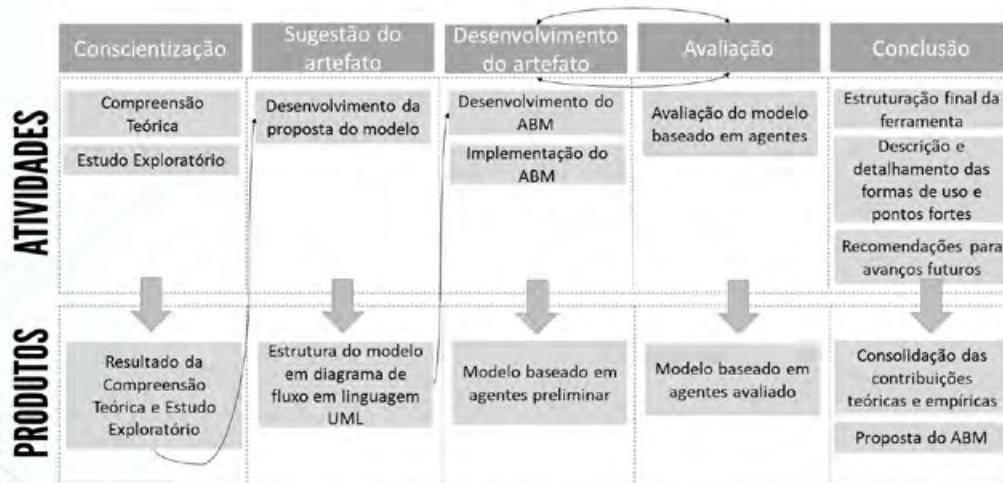
3. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia escolhida para conduzir a presente pesquisa é a Design Science Research (DSR). Pesquisas que utilizam DSR tem como objetivo produzir projetos relevantes e contextualizados com os problemas enfrentados no mundo real (LUKKA, 2003; BASKERVILLE, 2018). O artefato proposto trata-se de um protótipo de modelo baseado em agentes (ABM) para auxiliar a análise do comportamento de segurança dos trabalhadores da construção ante distintas ações gerenciais a partir de simulação computacional.

A etapa de conscientização refere-se à compreensão da problemática para formalização e definição do problema e proposição de soluções, por meio da compressão teórica e estudo exploratório, através de análise documental e entrevistas não estruturadas com membros da academia e profissionais da área. Em seguida, na etapa de sugestão do artefato foi possível desenvolver a proposta inicial do modelo, denominado Agent-Based Safety.

A terceira etapa (Desenvolvimento do artefato) compreendeu o desenvolvimento e implementação do Agent-Based Safety, a partir do uso da plataforma de software MESA: Agent-based modeling in Python+, e a simulação e geração de resultados preliminares com dados artificiais. A quarta etapa (Avaliação) verificou a capacidade do Agent-Based Safety em reproduzir a realidade e capturar elementos relevantes do fenômeno modelado, bem como de avaliar sua operacionalidade, eficiência, generalidade e facilidade de uso. A etapa final (Conclusão) envolveu a estruturação final da ferramenta, incluindo descrição e detalhamento da forma de uso, pontos fortes envolvidos e recomendações para avanços futuros.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores

Para a implementação do modelo foi proposto um canteiro de obras com uma probabilidade média de acidentes, composto por 40 colaboradores pertencentes ao mesmo grupo de trabalho e com duração de 1 ano de obra. Foram propostas 4 análises com seus respectivos cenários, totalizando 11 cenários, os quais foram simulados 50 vezes, totalizando 550 simulações. Os cenários variaram de acordo com a aplicação de estratégias gerenciais de segurança no canteiro de obras analisando a aplicação destas separadamente ou em conjunto (Figura 2). Para análise de cenários foram consideradas como estratégias gerenciais o treinamento de segurança e o diálogo de segurança, em um canteiro de obras em que 70% dos trabalhadores que realizam um comportamento inseguro recebem feedbacks dos gestores durante as inspeções de segurança.

A partir do uso do protótipo desenvolvido, foi possível identificar o mérito do modelo de acordo com os seguintes constructos, definidos por Lacerda (2013):

- Operacionalidade: Capacidade da ferramenta em auxiliar a tomada de decisão dos gestores da construção civil para realizar mudanças na gestão da segurança.
- Eficiência: Potencial da ferramenta de contribuir para que a gestão da segurança da construção civil seja realizada de forma mais eficiente.
- Generalidade: Flexibilidade de uso da ferramenta em distintos canteiros de obras.
- Facilidade de uso: Capacidade da ferramenta produzir dados de fácil compreensão e uso.

Figura 2 - Cenários de simulação

ANÁLISE 1			ANÁLISE 2			ANÁLISE 3			ANÁLISE 4	
Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2
A1C1	A1C2	A1C3	A2C1	A2C2	A2C3	A3C1	A3C2	A3C3	A4C1	A4C2
Treinamento (Trimestral)	Treinamento (Semestral)	Treinamento (Anual)	Treinamento (Trimestral)	Treinamento (Semestral)	Treinamento (Anual)	Treinamento (Trimestral)	Treinamento (Semestral)	Treinamento (Anual)	Diálogo diário de segurança	Diálogo semanal de segurança
Diálogo diário de segurança			Diálogo semanal de segurança			Sem diálogo de segurança			Sem treinamento de segurança	

Fonte: Os autores

4. PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

O protótipo desenvolvido consiste em um modelo baseado em agentes com o objetivo de analisar o efeito de diferentes estratégias gerenciais de segurança no processo sociocognitivo de colaboradores para produção de um comportamento seguro. O objetivo do modelo é que este possa ser utilizado em diversos canteiros de obras para analisar o comportamento de colaboradores em diferentes cargos e atividade, de modo a apresentar sugestões de estratégias gerenciais para diversos contextos de obras brasileiras.

Este ABM foi elaborado a partir da integração de teorias e descobertas empíricas. O primeiro conceito incorporado trata-se da Teoria do Risco. Esta teoria afirma que cada sujeito apresenta o seu nível individual de conhecimento e vivência para auxiliá-lo a perceber os riscos ao qual está exposto no ambiente laboral (CHOI; LEE, 2018). Assim, o nível interno de tolerância ao risco do agente será responsável por guiá-lo a decidir enfrentar o risco percebido ou evitá-lo, o qual dependerá do nível de prioridade dada à segurança pela organização (CHOI; LEE, 2018).

A Teoria da Identidade Social também é considerada no modelo, visto que as pessoas possuem consciência de que pertencem a grupos sociais que têm significado emocional e valor para elas (ELLEMERS; DE GILDER; HASLAM, 2004). Assim, baseado nesta teoria pode-se assumir que trabalhadores da construção civil serão impactados por outros grupos sociais, como gerentes, supervisores e colegas de trabalho, quando estes implementarem comportamentos de segurança (HE et al., 2022).

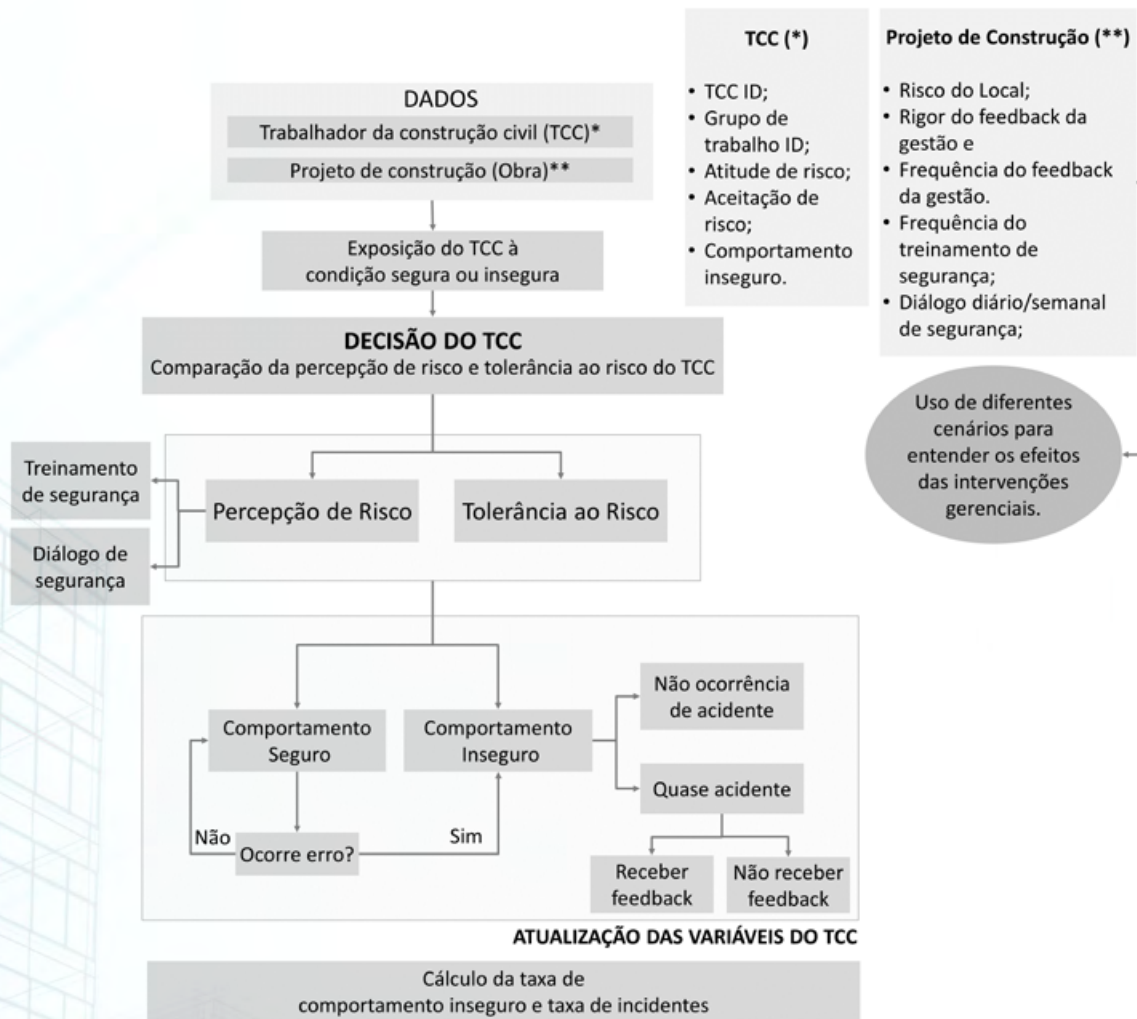
Finalmente, a Teoria do Suporte Organizacional é utilizada para apoiar as decisões do ABM, uma vez que afirma que uma organização que valoriza a segurança irá desenvolver políticas e procedimentos eficazes para manter altos padrões de segurança e irá exigir que o gerenciamento de linha de frente aplique-as efetivamente, visando criar um ambiente de trabalho seguro (CHEUNG; ZHANG, 2020). Dessa forma, observa-se o papel fundamental dos gestores em apresentar ações que demonstrem a valorização e a priorização dada a segurança no ambiente de trabalho, de modo a servir de exemplo e incentivo para os colaboradores da linha de frente.

Os resultados de estudos teóricos e empíricos sobre clima de segurança também são utilizados para orientar a percepção dos colaboradores em relação aos comportamentos dos gestores e colegas de trabalho referente à segurança, bem como o impacto desta percepção nos comportamentos dos agentes frente aos riscos. Observa-se que climas de segurança positivos estão relacionados a um melhor comportamento ou desempenho de segurança nas organizações de diferentes setores, e ao medir o clima de segurança é possível prever a ocorrência de acidentes ou lesões futuras no ambiente laboral (CHEUNG; ZHANG, 2020).

Assim, esses conceitos determinam os parâmetros do ABM, e como estes estarão associadas às regras comportamentais dos agentes. O conjunto de regras comportamentais do agente no modelo é resumido na Figura 3. Este protótipo trata-se de uma adaptação do ABM desenvolvido por Choi e Lee (2018), que foi adequado para se ajustar ao cenário brasileiro, aos objetivos deste estudo, e a um formato e estrutura úteis e de fácil acesso para os gestores de obra e técnicos de segurança.

Cada passo simulado no modelo representa um dia de trabalho na construção civil. Os agentes desse modelo são colaboradores da construção civil envolvidos em um canteiro de obras artificial. Os trabalhadores individualmente realizam comportamentos de segurança, e estes são influenciados pela interação entre seu processo cognitivo e o ambiente, incluindo as condições de risco do local, o comportamento dos colegas de trabalho e as ações gerenciais.

Figura 3 – Diagrama de fluxo das regras comportamentais dos agentes



Fonte: Os autores

Ao ser inicializado, o modelo primeiro estabelece as condições do local e todos os trabalhadores presentes na simulação, definindo e armazenando os níveis iniciais de atitude de risco e aceitação de risco dos agentes. Após estabelecer as condições do local e dos trabalhadores, o modelo avança no tempo e simula o comportamento de segurança dos trabalhadores (Figura 4). A execução da simulação termina após todos os trabalhadores serem expostos a uma condição segura ou insegura e tomarem uma decisão de acordo com a comparação entre seu nível de percepção e tolerância ao risco. Os resultados do modelo são apresentados através de gráficos dinâmicos os quais representam a taxa de incidentes na obra simulada.

Figura 4 – Interface da plataforma no MESA



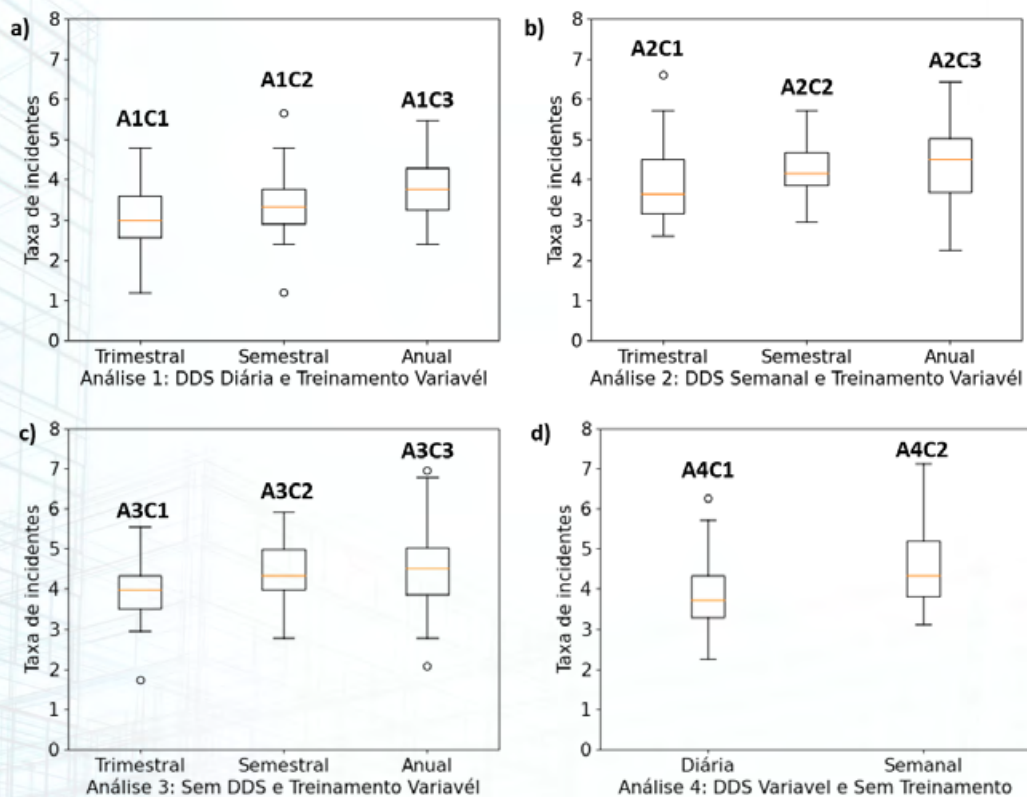
Fonte: Os autores

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do uso de dados artificiais, foi possível analisar os resultados obtidos para cada um dos 11 cenários produzidos no Agent-Based Safety. A Figura 5 apresenta um resumo dos resultados obtidos nas 550 simulações realizadas. Para cada cenário, foi calculada a taxa de incidentes no canteiro de obras simulado de acordo com a relação entre o número de incidentes e o número de horas trabalhadas.

Observa-se através dos resultados obtidos pelas simulações que a combinação entre treinamentos trimestrais e diálogo diário de segurança (A1C1) são responsáveis pelas menores taxas de acidentes, e estes apresentam uma maior variabilidade e dispersão entre os dados, o que pode indicar que a população dos dados é mais heterogênea [Figura 5(a)].

Figura 5 - Efeitos das estratégias gerenciais na taxa de incidentes



Fonte: Os autores

A1C2 e A1C3 apresentam maiores taxas de acidentes quando comparado com A1C1, sendo possível observar um crescimento nas taxas de acidentes à medida que diminui a frequência dos treinamentos de segurança. A1C2 e A1C3 apresentam resultados semelhantes em termos de valores de quartis e limites. Contudo, o primeiro apresenta dois outliers (ou valores atípicos), enquanto o segundo não apresenta nenhum. Neste caso, a presença de outliers pode indicar a existência de acidentes graves e/ou incomuns, sugerindo uma necessidade de investigação mais detalhada para entender as causas e implementar medidas preventivas [Figura 5(a)].

A Análise 2 também demonstra um aumento da taxa de acidentes com a redução da frequência dos treinamentos e valores maiores quando comparados com a Análise 1, indicando que o diálogo diário se mostra mais benéfico [Figura 5(b)]. Assim, para a Análise 2, a melhor alternativa seria combinar treinamentos trimestrais com diálogo semanal de segurança (A2C1).

Caso não haja diálogo diário ou semanal de segurança, como proposto na Análise 3, o melhor cenário seria a aplicação de treinamentos trimestrais [Figura 5(c)]. Observa-se em A3C1 uma menor dispersão dos dados e maior simetria, quando comparado com A3C2 e A3C3.

Comparando as Análises 1, 2 e 3, observa-se um crescimento das taxas de incidente ao comparar A1C1, A2C1 e A3C1. Porém nota-se que os valores de A2C3 e A3C3 se mantêm próximos, indicando que, no caso de treinamentos anuais, o impacto do diálogo semanal de segurança não se apresenta tão significativo. Por outro lado, observa-se que, sem o lembrete semanal de segurança, é possível gerar situações improváveis, como a existência de acidentes graves e/ou incomuns.

A Análise 4 considera apenas o treinamento de segurança no momento de contratação do colaborador, sem levar em consideração uma periodicidade de revisão. Nesta análise, o diálogo diário de segurança é a melhor opção [Figura 5(d)]. Entretanto, A3C3 apresenta as maiores taxas de incidentes dentre os 11 cenários simulados, indicando o impacto positivo da maior periodicidade de treinamentos de segurança nos canteiros de obras.

Em relação à operacionalidade, é notável que os resultados produzidos se mostraram sensíveis ante às mudanças de cenário, gerando simulações que podem auxiliar os gestores nas tomadas de decisão, visto que estes podem selecionar o cenário que apresentará os melhores resultados em relação segurança dos trabalhadores, analisando a otimização dos recursos e dos investimentos financeiros.

Nota-se a eficiência da plataforma visto à contribuição que esta pode gerar para a gestão da construção civil, ao proporcionar aos gestores prever cenários e se planejar antecipadamente. Observa-se a generalidade da ferramenta, a qual pode ser adaptada para cada tipo de obra ao modificar o número de trabalhadores em campo, a duração das atividades, a quantidade de equipes de trabalho e a taxa de risco do canteiro de obras. A escolha dentre os cenários analisados deverá levar em consideração os recursos da organização.

Finalmente, evidencia-se a facilidade de uso e compressão dos resultados, mostrando-se uma plataforma ideal para ser utilizado pelos gestores durante as reuniões de planejamento de segurança. Como dados e informações de saída, o Agent-Based Safety tem capacidade de produzir gráficos dinâmicos que indicam ao longo do tempo da obra os índices de percepção de risco e tolerância ao risco dos agentes, bem como o número de comportamentos inseguros e quase-acidentes efetuados. E por meio da extração da taxa de incidentes do modelo em planilhas, é possível criar gráficos do tipo boxplot que relacionam essas taxas com as estratégias gerenciais presentes na simulação.

6. CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foi possível elaborar e testar o protótipo do Agent-Based Safety, gerando os primeiros resultados através da análise de 11 cenários gerenciais e 550 simulações. O objetivo da ferramenta desenvolvida é auxiliar na discussão e seleção das melhores estratégias para incentivar comportamentos seguros entre os colaboradores da construção civil. O protótipo propõe modernizar a abordagem utilizada pelos gestores para o planejamento das atividades gerenciais e discussão de estratégias de segurança em canteiros de obras. Isso é alcançado por meio de simulação computacional, análise de cenários e predição de resultados.

A operacionalidade, eficiência, generalidade e facilidade de uso da plataforma foram comprovadas através da análise dos resultados obtidos.

O produto possui como público-alvo construtoras de pequeno a grande porte que buscam atualizar e melhorar o planejamento de segurança de acordo com as mudanças normativas, levando em conta a percepção dos trabalhadores. Busca-se aqui um diferencial no mercado por desenvolver uma ferramenta totalmente acessível em computadores com foco na gestão da segurança de canteiros e que possui grande potencial de impacto ao setor por contribuir na promoção de um ambiente laboral da construção civil mais seguro, sustentável e saudável.

O projeto prevê a continuidade do desenvolvimento do protótipo para um MVP, com o objetivo de aprimorá-lo e torná-lo uma ferramenta mais completa. Nota-se o potencial futuro deste projeto para a criação de uma ferramenta mais robusta que faça uso de inteligência artificial para auxiliar a gestão da segurança em canteiros de obras em todo o território brasileiro.

6. REFERÊNCIAS

ALRUQI, W. M.; HALLOWELL, M.R.; TECHERA, U.. Safety climate dimensions and their relationship to construction safety performance: A meta-analytic review. **Safety science**, v. 109, p. 165-173, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2020). **NR 18: Condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(2020). **NR 9: Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(2019). **NR 1: Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais**. Rio de Janeiro, 2019.

BASKERVILLE, R., BAIYERE, A., GREGOR, S., HEVNER, A., & ROSSI, M. Design Science research contributions: Finding a balance between artifact and theory. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 19, n. 5, p. 3, 2018.

BAVAFA, A.; MAHDIYAR, A.; MARSONO, A. K..Identifying and assessing the critical factors for effective implementation of safety programs in construction projects. **Safety science**, v. 106, p. 47-56, 2018.

BRAGA, M. V de A. Risco bottom up: uma reflexão sobre o desafio da implementação da gestão de riscos no setor público brasileiro. **Revista da CGU**, v. 9, n. 15, p. 693, 2017.

CAPONI, A. C. **Proposta de método para identificação de perigos e para avaliação e controle de riscos na construção de edificações**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. PIB Brasil e Construção Civil – PIB e Investimento. 2022. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em: 28 março 2022.

- CHEUNG, C. M.; ZHANG, R. P.. How organizational support can cultivate a multilevel safety climate in the construction industry. **Journal of Management in Engineering**, v. 36, n. 3, p. 04020014, 2020.
- CHOI, B.; LEE, S. An empirically based agent-based model of the sociocognitive process of construction workers' safety behavior. **Journal of construction engineering and management**, v. 144, n. 2, p. 04017102, 2018. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001421](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001421).
- DING, L.; FANG, W.; LUO, H.; LOVE, P. E.; ZHONG, B.; OUYANG, X..A deep hybrid learning model to detect unsafe behavior: Integrating convolution neural networks and long short-term memory. **Automation in construction**, v. 86, p. 118-124, 2018.
- ELLEMERS, N.; DE GILDER, D.; HASLAM, S. A.. Motivating individuals and groups at work: A social identity perspective on leadership and group performance. **Academy of Management review**, v. 29, n. 3, p. 459-478, 2004.
- FURTADO, B. A.. **PolicySpace: modelagem baseada em agentes**. Rio de Janeiro: Ipea, 2018.
- HE, C.; JIA, G.; MCCABE, B.; CHEN, Y.; ZHANG, P.; SUN, J. Psychological decision-making process of construction worker safety behavior: an agent-based simulation approach. **International journal of occupational safety and ergonomics**, n. just-accepted, p. 1-27, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.2022351>.
- LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V..Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, v. 20, p. 741-761, 2013.
- LI, K.; WANG, T. K.; YU, A.; CHEN, J. H..The Influence of Mutual Assistance of Construction Workers with Different Personality Traits on Team Safety. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2022, 2022.
- LIN, K.-Y.; TSAI, M.-H.; GATTI, U.C.; LIN, J.J.-C.; LEE, C.-H.; KANG, S.-C. A user-centered Information and Communication Technology (ICT) tool to improve safety in-spections. **Automation in Construction**, v. 48, p. 53-63, 2014.
- LINGARD, H.; ROWLINSON, S. M. **Occupational health and safety in construction project management**. Abingdon: Taylor & Francis, 2005.
- LUKKA, K. The constructive research approach. In Ojala, L. & Hilmola, O.-P. (eds.) Case study research in logistics. **Publications of the Turku School of Economics and Business Administration**, Series B1, p.83-101, 2003.
- MELO, R. R. S. de. **Modelo para desenvolvimento e aperfeiçoamento dos potenciais para resiliência assistido por meio do monitoramento da segurança com VANT**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)– Programa de pós-graduação em Engenharia civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, p. 264, 2020.
- NOVIETO, D. T.. Safety climate and occupational safety behaviours: the mediating role of psychological ownership among construction professionals. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2021.

PEINADO, H.S. **Segurança e saúde do trabalho na indústria da construção civil**. São Carlos: Editora Scienza, 2019.

PEINADO, H.S. **Manual orientativo de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) para os canteiros de obras de edificações: ano 2021** / Hugo Sefrian Peinado. – 1.ed. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2021.

PROVAN, D. J.; WOODS, D. D.; DEKKER, S. W.A.; RAE, A. J. Safety II profession-als: how resilience engineering can transform safety practice. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 195, p. 106740, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106740>.

SAURIN, Tarcisio A.; FORMOSO, Carlos T.; GUIMARÃES, Lia. Segurança e Produção: Um modelo para o planejamento e controle integrado. **Production**, v. 12, p. 60-71, 2002.

SmartLab. Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho. Frequência de Notificações - CAT. 2022. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0>. Acesso em: 28 março 2023.

VENDRAME, A. C.; GRAÇA, S. A. **FAP/NTEP: aspectos jurídicos e técnicos: impacto nas finanças das empresas e reflexos na contratação de empregados e terceiros**. São Paulo: LTR Editora Ltda., 2009.

ZHANG, P.; LI, N.; JIANG, Z.; FANG, D.; ANUMBA, C. J. An agent-based modeling approach for understanding the effect of worker-management interactions on construction workers' safety-related behaviors. **Automation in Construction**, v. 97, p. 29-43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.015>

CIRCULAR BUILDING CHAIN: BIM E TECNOLOGIA BLOCKCHAIN PARA GESTÃO DA EDIFICAÇÃO COMO UM BANCO DE MATERIAIS

Aluno: Rafael Otavio Araújo Santos
Orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte

RESUMO

A integração da tecnologia Blockchain, ou sua sigla em inglês BT (Blockchain Technology), com a gestão da informação da construção tem sido vista como uma ação de grande potencial para aumentar a transparência e a rastreabilidade dos dados do setor da Construção Civil. O uso da BT em conjunto com o BIM (em inglês Building Information Modeling), em especial, possui grande capacidade para apoiar o gerenciamento da construção como um banco de materiais, de forma a promover a economia circular no setor. Este artigo apresenta o Circular Building Chain, uma proposta de plataforma que integra BIM e BT para a gestão da edificação como um banco de materiais. Para tal, o estudo realizou uma análise integrativa de onze pesquisas relacionadas ao tema em que foi possível identificar potencialidades e boas práticas de uso dessas tecnologias para esta função. Como resultado, o estudo mapeou nove tipos de evidência e, através de uma matriz de análise de conteúdo, correlacionou os componentes da BT e elementos do BIM com as principais funções de um banco de materiais, desenvolvendo, ao final, uma estrutura teórica de plataforma que compreende três camadas (detecção, inteligência e aplicação).

Palavras-chave: BIM; blockchain; banco de materiais; economia circular

1. INTRODUÇÃO

Adotar a tecnologia blockchain, ou sua sigla em inglês BT (Blockchain Technology) na indústria da construção é um desafio, pois ainda há uma visão limitada sobre o investimento em inovação e uma estrutura solta para a implementação de novas tecnologias (SHOJAEI, 2019). Por outra parte, o setor fornece vários obstáculos, incluindo falta de colaboração e compartilhamento de informações; baixos níveis de confiança entre as partes; baixa produtividade; não conformidade com regulamentos e questões envolvendo direitos de propriedade intelectual (LI; GREENWOOD e KASSEM, 2019).

Observa-se a necessidade de se concretizar tais avanços, com vistas a apoiar o desenvolvimento sustentável do setor. No contexto da gestão da edificação como um banco de materiais, em especial, a BT pode contribuir significativamente para a gestão das informações acerca dos materiais que compõem a construção ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. O conceito da gestão da edificação como um banco de materiais, ou sua sigla em inglês BAMB (Building as Material Banks), provém de uma iniciativa colaborativa europeia, também denominada BAMB, que busca impulsionar a transição para uma economia circular (EC) na indústria da construção. O projeto propõe soluções atreladas à criação de passaportes de materiais e ao design de edifícios reversíveis, com vistas a viabilizar a

transformação de uma construção no fim da vida em um banco de armazenamento de materiais que serão retornados a cadeia produtiva (BAMB, 2002). Este conceito encontra-se alinhado a definição de EC proposta por Ghisellini et al (2015), que esclarece economia circular como um modelo econômico que busca manter os materiais no ciclo produtivo através de ações de reuso, recuperação, reparação e/ou reciclagem, promovendo maior eficiência na gestão de recursos, sustentabilidade e bem estar para a sociedade. Assim, BAMB representa uma mudança que deve ser apoiada por novos modelos de negócios, políticas públicas e modelos de gestão (BAMB, 2002), e, ao proporcionar benefícios ambientais e sociais, torna-se uma abordagem de grande importância para enfrentar os desafios da sustentabilidade do setor na atualidade.

Setaki e Timmeren (2022) destacam que a adoção do BIM (em inglês, Building Information Modeling) e da BT na indústria da construção pode impulsionar significativamente a transição para uma EC. BIM pode ser usado para otimizar o design do ponto de vista da gestão de materiais e resíduos, reduzindo o desperdício e maximizando a recuperação de materiais. Já BT pode ser usada para rastrear com precisão a localização e o destino dos materiais, incentivando a EC e a troca de materiais entre empresas. A utilização de BT e BIM em conjunto, por sua vez, pode permitir a criação de registros confiáveis de transações entre projetos de oferta e demanda de materiais de construção. Isto significa que todos os participantes do projeto podem usar BT para rastrear informações sobre materiais (COPELAND e BILEC, 2020). A descentralização que rege esta tecnologia pode produzir a confiabilidade e a rastreabilidade necessárias para os processos de logística reversa e de servitização envolvidos (KOUHIZADEH, SARKIS e ZHU, 2019).

Dessa forma, este artigo apresenta o Circular Building Chain, uma proposta de plataforma para a gestão da edificação como um banco de materiais, utilizando BT e BIM. A pesquisa envolvida buscou responder à seguinte questão: Como integrar BT e BIM para a gestão da edificação como um banco de materiais eficiente e sustentável? Dois objetivos subjacentes foram traçados para alcançar o objetivo principal, a saber, (a) identificar literatura ampla e diversificada de pesquisas relacionadas ao tema, e (b) realizar mapeamento sistemático de casos aplicados, produzindo ao final uma análise integrada e sistematizada das evidências coletadas para a construção de uma proposta aplicável a realidade brasileira. Espera-se que este projeto contribua para o avanço do uso e integração da BT e do BIM na construção civil, propondo um sistema que utiliza essas tecnologias para gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais para a sociedade e promover uma indústria da construção mais eficiente, sustentável e circular.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

BT é um banco de dados distribuído utilizado para replicar, compartilhar e sincronizar dados dispersos em diferentes locais (Santos et al, 2021). É considerada uma tecnologia de registro distribuído (DLT), com potencial para transformar muitas indústrias globais, incluindo a da construção civil (LI, GREENWOOD e KASSEM, 2019). BIM, por sua vez é um processo que utiliza um modelo digital da construção para planejar, construir e operar uma edificação. Esse modelo é rico em dados, baseado em objetos, inteligente e paramétrico, além de permitir a extração de informações úteis para diferentes usuários (CHENG e MAMÃ, 2013).

A integração de BT e BIM pode revolucionar a forma como os dados sobre edifícios são gerenciados e compartilhados. Vários estudos na literatura (YANG et al, 2020, LIU et al, 2022) sugerem que BT pode criar um banco de dados imutável e compartilhado que permite a agentes da construção, como arquitetos, engenheiros e empreiteiros, o acesso a informações precisas e atualizadas sobre projeto, materiais utilizados e informações de manutenção ao longo de todo o ciclo de vida do edifício.

Atualmente, BT é utilizada para registrar de forma precisa as alterações feitas em um modelo BIM compartilhado por um grupo de usuários. Com essa solução, o grupo de usuários tem acesso a informações sobre quem realizou cada alteração em um determinado momento, permitindo um controle mais preciso e transparente das mudanças realizadas (TURK e KLINC, 2017).

Setaki e Timmeren (2022) destacam que entre os benefícios do BIM, no contexto da construção e numa perspectiva de Economia Circular (EC), estão a eficiência do processo construtivo e a possibilidade de otimização do projeto de materiais e resíduos. E nesse âmbito, alguns estudos (LI, GREENWOOD e KASSEM, 2019; LIU et al., 2022) visam usar BT integrada ao BIM para automatizar as informações do edifício.

Na gestão da edificação como um banco de materiais, BT pode ser empregada para gerenciar e criar registros confiáveis de transações entre projetos de oferta e demanda (COPELAND e BILEC, 2020), permitindo a criação de uma plataforma de compartilhamento de materiais que promove a economia circular e a sustentabilidade na construção civil. Observa-se aqui o potencial da tecnologia para garantir a transparência, confiabilidade e rastreabilidade de passaportes de materiais (conjunto de dados que descrevem as características dos materiais com foco na recuperação e reutilização) (HEINRICH e LANG, 2019) e dos processos de logística reversa e servitização envolvidos (KOUHIZADEH, SARKIS e ZHU 2019).

O quadro 1 apresenta estudos identificados na literatura acerca do uso de BIM e/ou BT para a gestão da edificação como um banco de materiais. Apenas P2 e P3 efetivamente propuseram a integração de BIM e BT em seus trabalhos, o que demonstra a necessidade de mais estudos aplicados sobre o tema. P4 e P6 abordaram sobre ambas as tecnologias, mas não desenvolveram uma proposta de aplicação.

Quadro 1: Estudos acerca do uso de TB e/ou BIM para a gestão de BAMB

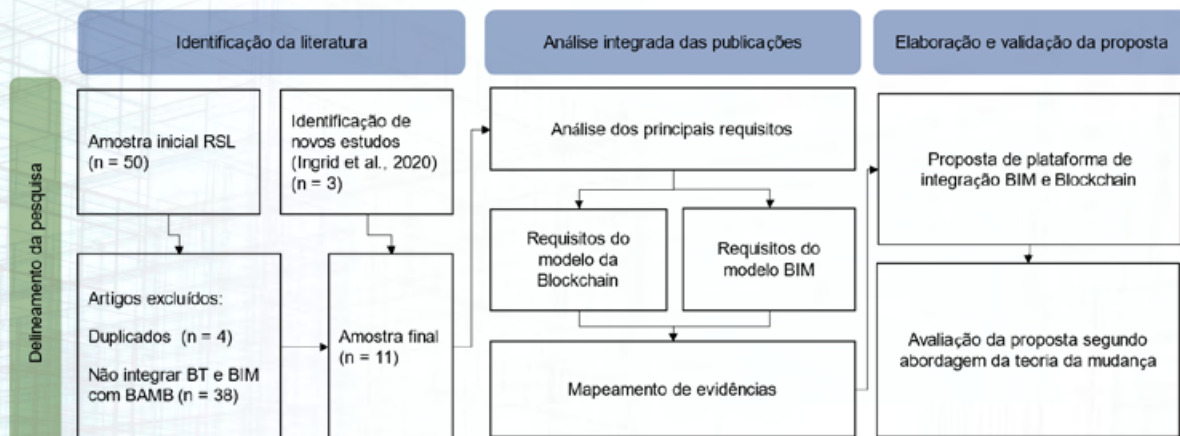
CÓDIGO	FONTE	OBJETIVO	TECNOLOGIA ADOTADA	
			BIM	TB
P1	Yang et al, 2020	Desenvolver uma plataforma blockchain para a indústria da construção, juntamente com suas limitações em várias aplicações		X
P2	Xue e Lu, 2020	Desenvolver uma abordagem de transação diferencial semântica (SDT) para minimizar a redundância de informações e garantir a interoperabilidade entre plataformas BIM e Blockchain.	X	X
P3	Hamledari e Fischer, 2021	Integrar contratos inteligentes habilitados para blockchain, usando sensoriamento e modelos de informações de construção as-built (BIM)	X	X
P4	Setaki e Van Timmeren, 2022	Esclarecer os cenários de implementação de tecnologias digitais para a indústria da construção circular.	X	X
P5	Shojaei, 2019	Explorar as aplicações da BT na melhoria dos sistemas de gerenciamento de informações da construção		X
P6	Van Groesen e Pauwels, 2022	Integrar blockchain e contratos inteligentes para rastreamento de ativos.	X	X
P7	Liu et al, 2022	Propor uma estrutura de gerenciamento de informações de resíduos de construção		X
P8	Li, Greenwood e Kassem, 2019	Desenvolver uma abordagem coerente para apoiar a adoção da Blockchain na construção		X
P9	Volk et al, 2018	Apresentar um sistema móvel e vestível que permite que planejadores, especialistas ou tomadores de decisão inspecionem um edifício e, ao mesmo tempo, registrem, analisem, reconstruam e armazenem o edifício digitalmente.	X	
P10	Ahmadian F.F. et al, 2016	Desenvolver metodologia para contabilizar os trade-offs sistemáticos entre os impactos econômicos, ambientais e sociais das decisões de abastecimento.	X	
P11	Farzad Jalaei e Ahmad Jraide, 2015	Expor a viabilidade do uso do BIM para a análise dos custos do ciclo de vida de edifícios sustentáveis na fase conceitual.	X	

3. METODOLOGIA

Este estudo propõe uma estrutura de plataforma integrada de BIM e BT para a gestão da edificação como um banco de materiais. A proposta foi desenvolvida por meio de uma revisão integrativa da literatura sobre o tema. A revisão bibliográfica é considerada um método importante para identificar estudos relevantes e avaliar as conclusões sobre um determinado conhecimento específico. O estudo está dividido em três etapas: Identificação da literatura (Etapa 1), Análise integrada das publicações (Etapa 2) e Elaboração e avaliação da proposta (Etapa 3).

Na Etapa 1 (Identificação da literatura) definiu-se o termo (string) de pesquisa, com o objetivo de identificar e analisar estudos que abordam o uso da BT para promoção de BAMB. A busca por publicações foi realizada nas bases de dados Scopus e Web of Science, e a sequência de pesquisa adotada foi BIM AND BLOCKCHAIN AND (MATERIAL BANK OR CIRCULAR ECONOMY). Os artigos foram selecionados com base na leitura dos títulos, resumos e conclusões, e apenas os artigos diretamente relacionados ao tema proposto foram incluídos. Após a remoção de publicações duplicadas, uma amostra inicial de 46 artigos foi identificada. A partir da leitura dos resumos e conclusões, foram selecionados apenas os artigos que abordaram aspectos da aplicação de BT integrada com BIM para a gestão de informações de construção, diretamente ou indiretamente relacionados ao conceito de BAMB (oito artigos). Contudo, dentre os estudos relacionados, apenas dois efetivamente propuseram a integração de BIM e BT. Desse modo, foi identificada a necessidade de ampliar a pesquisa sobre o uso de BIM para a gestão da edificação como banco de materiais. Mais três artigos foram selecionados a partir da revisão bibliográfica realizada por Ingrid et al. (2021), que identificou na literatura um conjunto de publicações que desenvolvem aplicações práticas do BIM para BAMB. A amostra final de artigos é apresentada no quadro 1 deste documento.

Figura 1: Estrutura metodológica adotada



Na Etapa 2 (Análise integrada das publicações), foram realizadas análises sobre os principais requisitos de BT e BIM identificados na literatura. Através de uma análise estruturada do conteúdo dessas pesquisas, foi possível identificar evidências que conectam os componentes da BT e do BIM com as funções da gestão de BAMB. Em seguida realizou-se uma análise integrada e sistematizada dessas evidências com variáveis de análise relacionadas a conceitos da BT e do BIM. Os resultados desta etapa são apresentados no item 4 deste artigo.

Com base nestas análises, foi desenvolvida uma proposta estrutural para uma plataforma de integração BIM e BT com formato e estrutura que atendem às demandas do setor da construção da região, considerando as potencialidades dessas tecnologias, e as boas práticas identificadas na literatura. O impacto da proposta, denominada Circular Building Chain, foi avaliado a partir de uma abordagem da Teoria da Mudança (TdM), com base na metodologia indicada por Sugahara e Rodrigues (2019). A TdM é uma abordagem de análise que compreende no mapeamento reverso de entradas (processos, mecanismos e agentes), saídas, resultados e/ou estágios intermediários alinhados a um impacto ou objetivo desejado a partir de uma intervenção específica. O impacto da intervenção é determinado primeiro, seguido dos demais elementos necessários para alcançá-lo (RAO et al, 2022). Os resultados desta etapa (Etapa 3) são apresentados no item 5.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Figura 2 apresenta uma análise sobre os oito artigos selecionados que abordam o uso da BT na gestão da informação da construção. Essas pesquisas são dedicadas à geração de conhecimento para soluções e discussões do problema, possuindo uma natureza aplicada. A quase totalidade aborda e descreve possíveis implementações para a resolução de problemáticas na indústria da construção, com o intuito de facilitar atividades que abrangem todo o ciclo de vida de um projeto de construção.

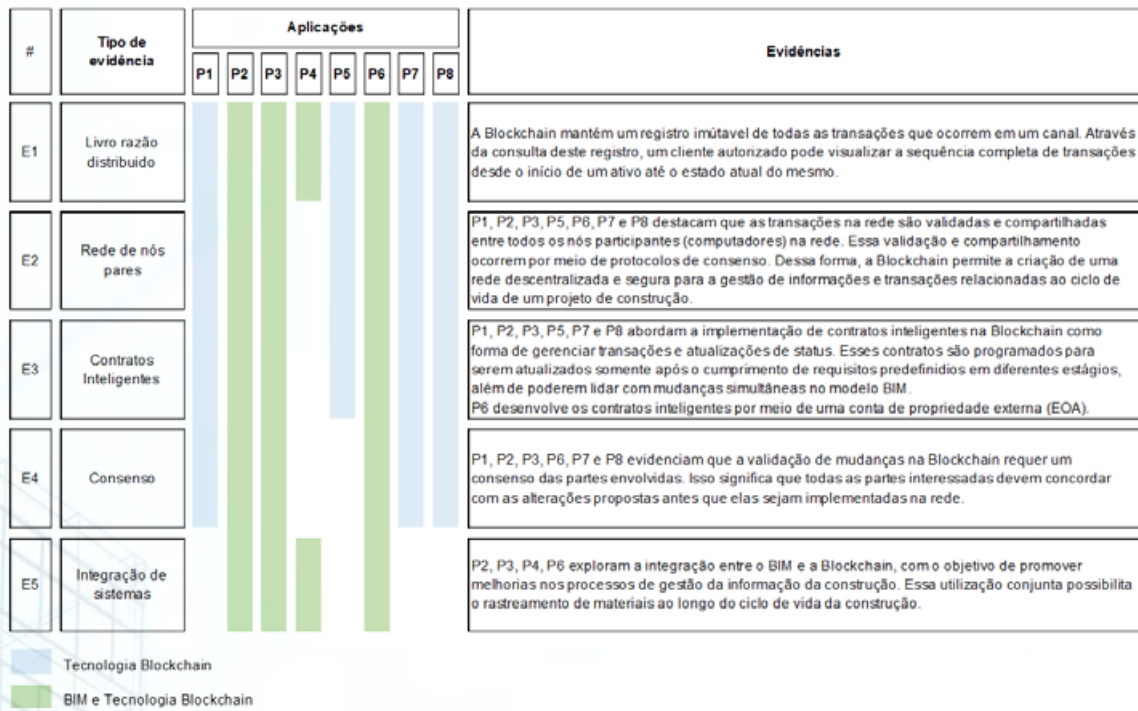
A figura 2 destaca evidências sobre os componentes de uma plataforma Blockchain nos estudos analisados. Dessa forma, apresenta intersecções de uso, de modo a estabelecer conexões entre as evidências apresentadas. Os pontos destacados na coluna “Tipo de evidência” nomeiam quais componentes da Blockchain foram identificados nos estudos analisados. Setaki e Timmerem (2022) destacam que uma das aplicações da Blockchain é na gestão e registro de transações seguras no processo de oferta e demanda de materiais. Tal afirmação é evidenciada em E3 e E4.

Quanto aos processos da gestão da informação da construção como um banco de materiais, os mais evidenciados são os processos de rastreamento e transações, que foram identificados em todos os artigos com o uso de BT (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8). Esta evidência ressalta que esses processos apresentam importante potencial de melhoria com o uso da BT, tendo em vista a:

- Utilização de contratos inteligentes para garantir a execução de acordos entre as partes envolvidas nas transações, eliminando a necessidade de intermediários.
- Integração de sistemas para conectar as diferentes partes envolvidas, facilitando o compartilhamento de informações ao utilizar um modelo BIM, por exemplo.

Livro razão, rede de nós pares e contratos inteligentes são os componentes da BT que mais aparecem, apontando para a possibilidade de uso desses elementos na melhoria dos processos de rastreamento e transações na indústria da construção, reduzindo a possibilidade de erros, fraudes e falhas de comunicação, e permitindo uma maior eficiência e agilidade na tomada de decisão.

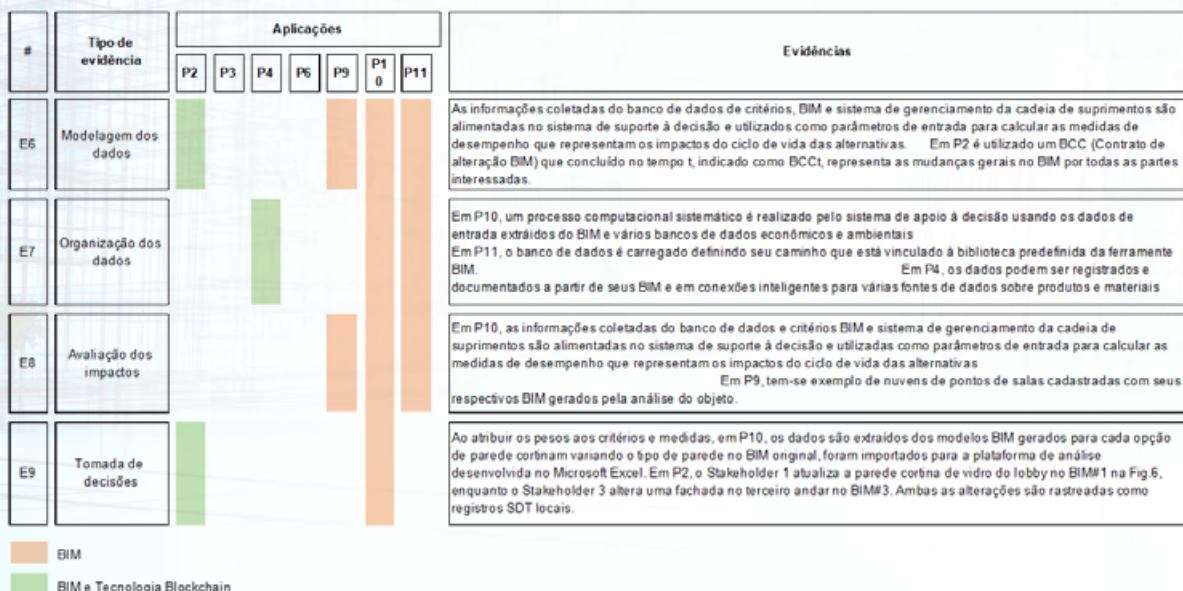
Figura 2: Mapeamento de evidências em estudos que adotam BT



A Figura 3 apresenta o mapeamento de evidências nos estudos que adotam BIM. O tipo de evidência com maior repetição é o de modelagem de dados. Observa-se, assim, sua importância para a geração de dados para tomada de decisão nos projetos, compatibilização e sincronização de informações.

Dois outros tipos de evidência chamam atenção: organização de dados e tomada de decisão. O primeiro demonstra a relevância da tecnologia para gerir e ordenar as informações inerentes ao projeto, configurando-o como um banco de dados de premissas importantes para mapeamento de escolhas a serem feitas. O objetivo é realizar conexões inteligentes para várias fontes de dados sobre produtos e materiais, organizados como bibliotecas, de forma eficiente e disruptiva. O segundo tipo de evidência aponta a questão da extração e gerenciamento das informações do projeto para soluções a serem adotadas. Critérios de avaliação são definidos a fim de se optar por uma alternativa dentre as que estão disponíveis, gerando um consenso entre os stakeholders envolvidos.

Figura 3: Mapeamento de evidências em estudos que adotam BIM



5. SISTEMA PROPOSTO

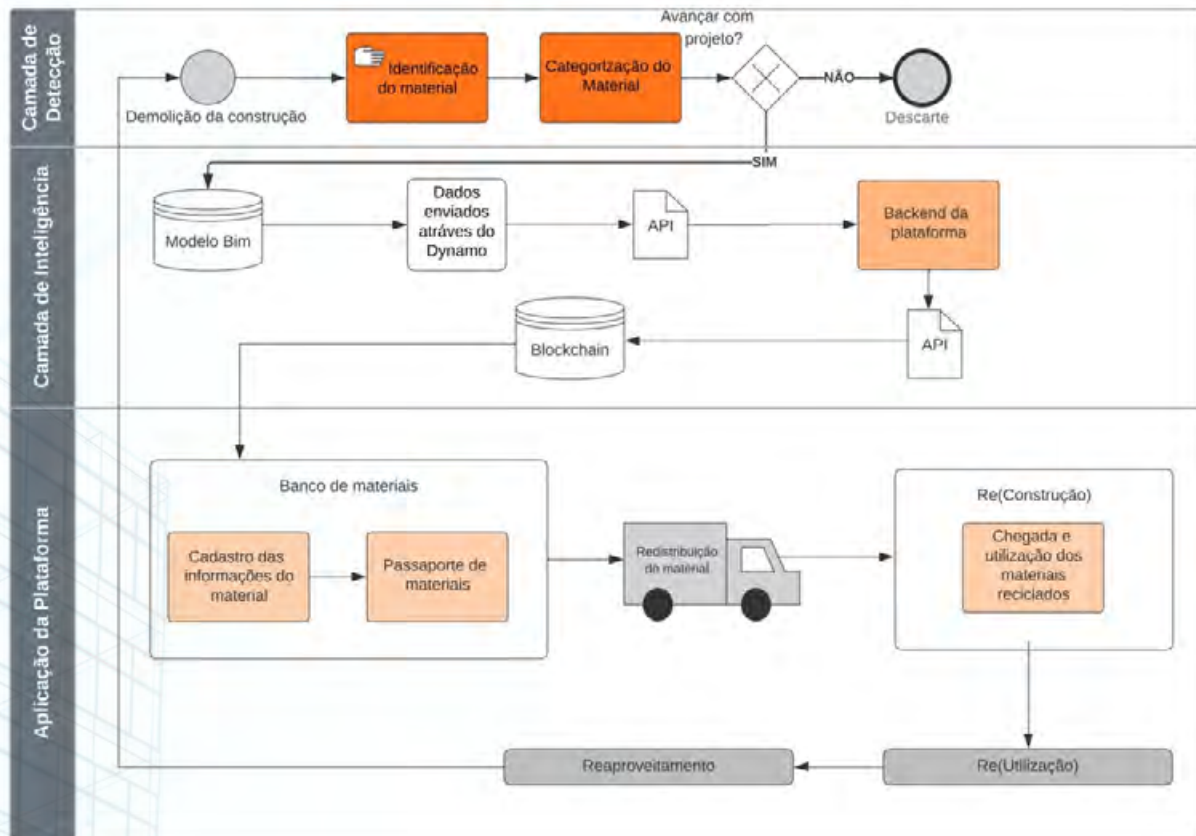
Com base nas evidências mapeadas na literatura, este estudo propõe uma plataforma para controle, identificação e reaproveitamento dos materiais de uma construção, denominada Circular Building Chain (Figura 4).

A BT utilizada na plataforma é um livro razão distribuído que permite a gravação de transações de forma segura, descentralizada e transparente. Os dados são registrados em blocos que são distribuídos por uma rede de nós pares, como destaca a evidência E2. Essa rede de nós pares valida e mantém a integridade das transações, garantindo a segurança e a transparência das transações. Além disso, a plataforma utiliza contratos inteligentes, que são programas autônomos que executam automaticamente termos acordados entre as partes envolvidas, garantindo a segurança e transparência das transações. Para garantir a integridade das transações, é necessário um consenso entre os participantes, que é alcançado através da validação de cada transação pelos nós pares da rede.

O sistema busca resolver principalmente problemas relacionados às componentes de construção recuperáveis e reutilizáveis, sendo dividido em 3 camadas (etapas). A primeira camada (etapa), denominada de detecção, é onde ocorre os trâmites iniciais, como o processo de desconstrução física de um edifício e a realização do processo de filtragem dos materiais que possam ser vendidos, reutilizados e registrados na plataforma. É de grande importância que os materiais sejam recertificados e testados para a sua reutilização. Dessa forma, os materiais que passarem por esse procedimento de triagem poderão ser reutilizados, conforme indica E6. Essa camada é a base para a geração de informações confiáveis que serão utilizadas nas próximas camadas (etapas).

A segunda camada (etapa), chamada de inteligência, é responsável pelo processamento e registro das informações coletadas na camada de detecção. Nessa camada, utiliza-se o Dynamo para coletar os dados do modelo BIM, que contém informações detalhadas sobre o material registrado, e processados pelas APIs que se conectam e são registradas na Blockchain da plataforma. Assim, contratos inteligentes podem ser feitos impondo condições para que as transações sejam feitas, como destaca E3 e E6: um status de um contrato inteligente só será atualizado quando os requisitos predefinidos forem cumpridos em diferentes estágios. Com isso, a utilização do modelo BIM e do Dynamo permitem a criação de uma base de informações confiáveis que são armazenadas na Blockchain para garantir a segurança e a transparência das transações, similar a organização de dados exposto em E7.

Figura 4: Proposta da plataforma Circular Building Chain (CBC)



A terceira camada (etapa), denominada de aplicação da plataforma, é responsável por permitir a criação de um passaporte de materiais e a redistribuição do material para uma nova construção. Durante esse período, à medida que os registros são feitos, os materiais são transportados para a construtora e os recursos são reutilizados visando à redução do desperdício e o aumento da eficiência no processo de construção. Os impactos são avaliados nesta fase, conforme E8. Ao final dessa etapa, à medida que o projeto de desconstrução vai sendo concluído, os materiais são transportados e registrados novamente na plataforma, dando início a todo ciclo novamente de identificação do material por suas propriedades mecânicas e estruturais. Nesta fase observa-se uma ação de avaliação da tomada de decisão segundo E9. Vale ressaltar que a utilização da BT permite a criação de uma base de informações transparente e segura, permitindo a realização de todo o processo novamente.

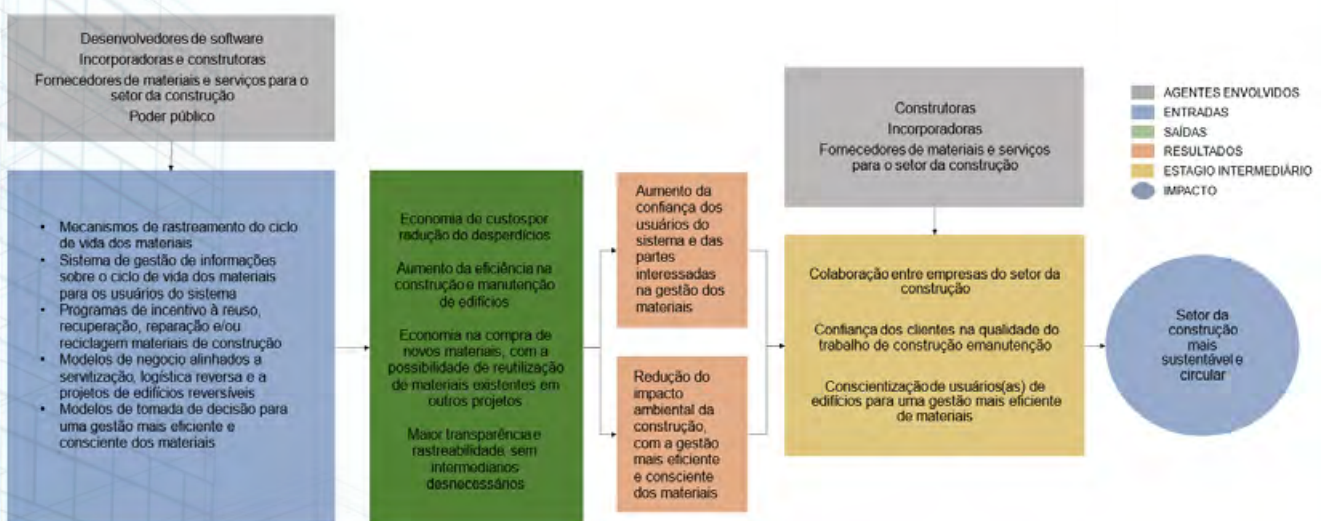
Observa-se aqui que a gestão eficiente dos materiais na construção civil é essencial para reduzir o impacto ambiental e os custos de construção e manutenção dos edifícios. Nesse sentido, a Circular Building Chain (CBC) pode trazer importantes mudanças para o setor.

A Figura 5 apresenta a Teoria da Mudança aplicada a plataforma CBC. A mudança em questão consiste na promoção de um setor da construção mais sustentável e circular.

Para o alcance desta mudança, deve-se prever diversas ações (entradas), sendo boa parte delas facilitadas por processos previstos na CBC. São elas:

- Mecanismos de rastreamento do ciclo de vida dos materiais, o que possibilita a gestão mais eficiente e consciente dos materiais;
- Sistema de gestão de informações sobre o ciclo de vida dos materiais para os usuários do sistema para guiar o uso de materiais mais sustentáveis.
- Programas de incentivo à reuso, recuperação, reparação e/ou reciclagem de materiais de construção, para fomentar ações responsáveis e novos modelos de negócio;
- Modelos de negócio alinhados a servitização, logística reversa e projetos de edifícios reversíveis, para viabilizar o retorno de materiais à cadeia produtiva;
- Modelos de tomada de decisão para uma gestão mais eficiente e consciente dos materiais, envolvendo a análise comparativa de materiais e destinações mais adequadas sustentavelmente.

Figura 5: Teoria da Mudança aplicada à plataforma Circular Building Chain (CBC)



Como saídas, observam-se a redução do desperdício, a eficiência e economia de custos na construção e manutenção de edifícios, o aumento da transparência, rastreabilidade e desintermediação na gestão dos materiais, a economia na compra de novos materiais, com a possibilidade de reutilização de materiais existentes em outros projetos.

Com resultado desse panorama, obtém-se o aumento da confiança dos usuários do sistema e das partes interessadas na gestão dos materiais, já que a transparência e rastreabilidade são características da BT (Yang et al 2020). CBC, em especial, contribui diretamente no processo de desintermediação, eliminando intermediários desnecessários e possibilitando uma gestão mais ágil e eficiente dos bancos de materiais. Além disso, a gestão dos materiais mais eficiente e consciente proporciona redução do impacto ambiental do setor.

Finalmente, o estágio intermediário anterior à mudança desejada é alcançado pela melhoria da colaboração entre empresas do setor da construção, o aumento da confiança dos clientes na qualidade do trabalho de construção e manutenção e a criação de um estado consolidado de conscientização de usuários(as) de edifícios para uma gestão mais eficiente de materiais.

Para que a proposta seja bem-sucedida, é necessário o envolvimento de profissionais de diferentes áreas, como arquitetos, engenheiros, construtores e gestores de projetos, além de outros atores da cadeia produtiva, bem como o desenvolvimento de métricas de monitoramento para avaliação e

desenvolvimento de melhorias ao longo do processo. Para essas ações, CBC possibilita instrumentos de grande relevância, por proporcionar uma rede de comunicação e registro de informações confiável e transparente que permitirá a conexão de agentes e a geração de indicadores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apontaram que a integração de BT e BIM é bastante útil para aumentar a transparência e rastreabilidade dos dados, promovendo a economia circular na construção civil. A plataforma proposta compreende três camadas (detecção, inteligência e aplicação) que objetivam automatizar a detecção e seleção de materiais, gerar inteligência na gestão e promover a reutilização de materiais, respectivamente.

A aplicação de BT permitirá a automatização do processo de logística reversa, conferindo eficiência e viabilizando os processos de forma menos burocrática. A descentralização característica da tecnologia possibilitará a conferência instantânea de dados, o que se mostra muito relevante para solucionar as dificuldades existentes na gestão da edificação como um banco de materiais. O uso de BIM permitirá a modelagem virtual da edificação e de seus componentes, facilitando a identificação e seleção de materiais para reutilização. A utilização do Dynamo / Revit permitirá a automatização de tarefas como a seleção e especificação de materiais com base em critérios pré-definidos e a geração automática de relatórios e documentação da edificação.

A Teoria da Mudança desenvolvida sinaliza a plataforma Circular Building Chain como essencial para a concretização da mudança proposta, sendo o ecossistema necessário para a promoção do conceito de BAMB e economia circular no setor da construção civil. Como etapa futura, propõem-se o desenvolvimento de protótipo e produto mínimo viável, ou sua sigla em inglês MVP (Minimum Viable Product), para aplicação e validação da plataforma em ambiente real de construção.

7. REFERÊNCIAS

AHMADIAN, F. F. Alireza et al. Accounting for transport times in planning off-site shipment of construction materials. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 1, p. 04015050, 2016.

BAMB – Buildings As Material Banks. About BAMB, 2020. Disponível em: <<https://www.bamb2020.eu/about-bamb/>>. Acesso em 5 jan. 2023.

CHENG, Jack C. P.; MA, Lauren Y. H. **A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning**. Waste management, v. 33, n. 6, p. 1539-1551, 2013.

COPELAND, Samuel; BILEC, Melissa. **Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy**. Procedia Cirp, v. 90, p. 143-147, 2020.

GHISELLINI, Patrizia; CIALANI, Catia; ULGIATI, Sergio. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, 2016.

HAMLEDARI, Hesam; FISCHER, Martin. Construction payment automation using blockchain-enabled smart contracts and robotic reality capture technologies. **Automation in Construction**, v. 132, p. 103926, 2021.

- HEINRICH, Matthias; LANG, Werner. **Materials passports: best practices**. Munich: Technical University of Munich / BAMB, 2019. ISBN: 978-3-941370-96-8.
- JALAEI, Farzad; JRADE, Ahmad. Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings. **Sustainable Cities and Society**, v. 18, p. 95-107, 2015.
- KOUHIZADEH, Mahtab; SARKIS, Joseph; ZHU, Qingyun. At the nexus of blockchain technology, the circular economy, and product deletion. **Applied Sciences**, v. 9, n. 8, p. 1712, 2019.
- LI, Jennifer; GREENWOOD, David; KASSEM, Mohamad. Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. **Automation in construction**, v. 102, p. 288-307, 2019.
- LIU, Zhen et al. Blockchain Enhanced Construction Waste Information Management: A Conceptual Framework. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 12145, 2022.
- RAO, S. J. et al. Stakeholder engagement as a strategy to enhance palliative care involvement in intensive care units: A theory of change approach. **Journal of Critical Care**, 2023.
- SANTANA, Ingrid Tainã Macário et al. BIM como fomento para uma economia circular na construção civil: insights da literatura internacional. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO**, v. 3, p. 1-15, 2021.
- SETAKI, Foteini; VAN TIMMEREN, Arjan. Disruptive technologies for a circular building industry. **Building and Environment**, p. 109394, 2022.
- SHOJAEI, Alireza. Exploring applications of blockchain technology in the construction industry. In: Didem Ozevin, Hossein Ataei, Mehdi Modares, Asli Pelin Gurgun, Siamak Yazdani, and Amarjit Singh (eds). **Proceedings of International Structural Engineering and Construction**, v. 6, 2019.
- SUGAHARA, Cibele Roberta; RODRIGUES, Patricia Peres. Avaliação de impacto de negócios sociais e teoria da mudança. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 7, n. 46, 2019.
- TURK, Žiga; KLINC, Robert. Potentials of blockchain technology for construction management. **Procedia engineering**, v. 196, p. 638-645, 2017.
- VAN GROESEN, Wouter; PAUWELS, Pieter. Tracking prefabricated assets and compliance using quick response (QR) codes, blockchain and smart contract technology. **Automation in Construction**, v. 141, p. 104420, 2022.
- VOLK, Rebekka et al. Deconstruction project planning of existing buildings based on automated acquisition and reconstruction of building information. **Automation in construction**, v. 91, p. 226-245, 2018.
- XUE, Fan; LU, Weisheng. A semantic differential transaction approach to minimizing information redundancy for BIM and blockchain integration. **Automation in construction**, v. 118, p. 103270, 2020.
- YANG, Rebecca et al. Public and private blockchain in construction business process and information integration. **Automation in construction**, v. 118, p. 103276, 2020.



ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

PRESIDENTE

Cláudio Cunha

1º VICE-PRESIDENTE

Marcos Dias Lins Melo

2º VICE-PRESIDENTE

Pedro Oliveira Mendonça

DIRETOR ADMINISTRATIVO-FINANCEIRO

Marcos Nogueira Vieira Lima

DIRETOR TÉCNICO

Daniel Sampaio

DIRETOR DE HABITAÇÃO

Eduardo Lazaro Freire Villa Nova

DIRETOR DE NORMAS E LEGISLAÇÃO

André Luiz Duarte Teixeira

DIRETOR DE ASSUNTOS AMBIENTAIS E GESTÃO SUSTENTÁVEL

Rafael Cardoso Valente

DIRETOR DE EXPANSÃO DE MERCADOS

Luciano Correa Carneiro

DIRETORA COMERCIAL E DE MARKETING

Viviane de Brito Oliveira da Fonseca

CONSELHO DIRETOR

Adriano Guerreiro e Segura

Alceu Hiltner Filho

Arthur Prisco Paraíso Rêgo

Bruno Carneiro Félix

Eugênio de Souza Mendes

Gustavo Gesteira Mattos

Ivan de Freitas Leão

Jorge Goldenstein

Luiz Fernando Pedreira Lorangeira

Nelson Trief

Reynaldo Jorge Calmon Loureiro

Rodrigo Fernandes Hissa

CONSELHO CONSULTIVO

Antonio Carlos Costa Andrade

Eduardo Meirelles Valente

Luciano Muricy Fontes

Luiz Augusto Amoedo Amoedo

Manuel Seabra Suarez

Mario de Paula Guimarães Gordilho

Mário Reis Mendonça

Mário Seabra Suarez

Nilson Sarti da Silva Filho

Paulo Ernesto Lebram

Walter Barretto Jr.



ADEMI BAHIA

ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

+55 71 3273-8130 | contato@ademi-ba.com.br

www.ademi-ba.com.br

Rua Alceu Amoroso Lima, 470 - Sala 901

Empresarial Niemeyer - Caminho das Árvores - Salvador/BA

ISBN: 978-65-999483-0-5

CDL



9 786599 948305