

## **Tecnologias digitais em empresas construtoras: estudos de caso no contexto da construção 4.0**

**Girlândia de Morais Sampaio**

Mestranda, UPE, Brasil  
gms8@poli.br

**Emanoel Silva de Amorim**

Pesquisador Mestre, UPE, Brasil  
esa7@poli.br

**Alberto Casado Lordsleem Júnior**

Professor Doutor, UPE, Brasil.  
acasado@poli.br

Submissão: 16/07/2024

Aceite: 15/11/2024

SAMPAIO, Girlândia de Morais; AMORIM, Emanoel Silva de; LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto Casado. Tecnologias digitais em empresas construtoras: Estudos de caso no contexto da construção 4.0. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 12, n. 87, 2024. DOI: [10.17271/23188472128720245335](https://doi.org/10.17271/23188472128720245335). Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/5335](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/5335)

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **Tecnologias digitais em empresas construtoras: estudos de caso no contexto da construção 4.0**

### **RESUMO**

A Indústria 4.0 tem como principal função proporcionar economia, agilidade e vantagem competitiva, através de soluções inovadoras, quando seus conceitos e princípios são aplicados ao setor da construção, refere-se a eles como "Construção 4.0". As tecnologias digitais que constituem a construção 4.0 podem ser introduzidas em todas as áreas da indústria da construção com o objetivo global de aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, simplificar o trabalho e reduzir erros. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou identificar os principais desafios e ações necessárias para a implementação de tecnologias digitais pelas empresas construtoras no contexto das mudanças que orientam os avanços tecnológicos da transformação digital. Para tanto, a metodologia adotada contemplou a realização de pesquisa da literatura, a qual buscou bordados conceitos, características e classificações importantes sobre princípios da indústria 4.0 e o uso de tecnologias digitais em empresas construtoras, seguida de estudo de casos realizado em empresas construtoras da cidade de Recife-PE envolvidas em ações voltadas à transformação digital. Os resultados apresentam as principais tecnologias digitais usadas em empresas construtoras bem com os setores adequados para suas respectivas implementações. Além disso concluiu-se que a adoção de tecnologias digitais é crucial para a transformação digital em empresas construtoras; contudo, os custos associados ao desenvolvimento e adoção de novas tecnologias digitais, bem como o conservadorismo de clientes, representam as maiores barreiras para implementação em empresas construtoras. Como principal contribuição, tem-se a apresentação de diretrizes para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologias Digitais. Construção 4.0. Transformação Digital. BIM.

## **Digital technologies in construction companies: case studies in the context of construction 4.0**

### **ABSTRACT**

Industry 4.0's main function is to provide savings, agility and competitive advantage, through innovative solutions, when its concepts and principles are applied to the construction sector, it is referred to as "Construction 4.0". The digital technologies that constitute construction 4.0 can be introduced in all areas of the construction industry with the global objective of increasing productivity and, at the same time, simplifying work and reducing errors. In this sense, the present work aimed to identify the main challenges and actions necessary for implementation of digital technologies by construction companies in the context of the changes that guide technological advances in digital transformation. To this end, the methodology adopted included literature research, which sought to embroider important concepts, characteristics and classifications on the principles of industry 4.0 and the use of digital technologies in construction companies, followed by case studies carried out in construction companies in the city from Recife-PE involved in actions aimed at digital transformation. The results present the main digital technologies used in construction companies as well as the sectors suitable for their respective implementations. Furthermore, it was concluded that the adoption of digital technologies is crucial for digital transformation in construction companies; however, the costs associated with the development and adoption of new digital technologies, as well as customer conservatism, represent the biggest barriers to implementation in construction companies. The main contribution is the presentation of guidelines for implementing digital technologies in construction companies.

**KEYWORDS:** Digital Technologies. Construction 4.0. Digital Transformation. BIM.

## **Tecnologías digitales en las empresas constructoras: estudios de caso en el contexto de la construcción 4.0**

**RESUMEN**

La principal función de la Industria 4.0 es brindar ahorro, agilidad y ventaja competitiva, a través de soluciones innovadoras, cuando sus conceptos y principios se aplican al sector de la construcción, se le denomina "Construcción 4.0". Las tecnologías digitales que constituyen la construcción 4.0 pueden introducirse en todos los ámbitos de la industria de la construcción con el objetivo global de aumentar la productividad y, al mismo tiempo, simplificar el trabajo y reducir errores. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo identificar los principales desafíos y acciones necesarias para la implementación de tecnologías digitales. por las empresas constructoras en el contexto de los cambios que guían los avances tecnológicos en la transformación digital. Para ello, la metodología adoptada incluyó una investigación bibliográfica, que buscó bordar importantes conceptos, características y clasificaciones sobre los principios de la industria 4.0 y el uso de tecnologías digitales en las empresas constructoras, seguida de estudios de caso realizados en empresas constructoras de la ciudad de Recife-PE participa en acciones orientadas a la transformación digital. Los resultados presentan las principales tecnologías digitales utilizadas en las empresas constructoras, así como los sectores aptos para sus respectivas implementaciones. Además, se concluyó que la adopción de tecnologías digitales es crucial para la transformación digital en las empresas constructoras; sin embargo, los costos asociados con el desarrollo y la adopción de nuevas tecnologías digitales, así como el conservadurismo del cliente, representan las mayores barreras para la implementación en las empresas constructoras. El principal aporte es la presentación de lineamientos para la implementación de tecnologías digitales en las empresas constructoras.

**PALABRAS CLAVE:** Tecnologías digitales. Construcción 4.0. Transformación Digital. BIM.

## **1 INTRODUÇÃO**

Caracterizada como uma das maiores indústrias do mundo, a construção civil impulsiona o crescimento econômico mundial e representa um dos setores que mais contribuem para geração de empregos. A câmara brasileira da indústria da construção (CBIC) apresentou perspectivas que a construção civil continue desempenhando um papel essencial para a modernização e melhoria das práticas a introdução de inovações e a evolução tecnológica (CBIC, 2024).

O mundo acompanha o avanço tecnológico em vários setores da indústria, na construção não é diferente. Constantemente, novas máquinas, softwares e tecnologias são desenvolvidas para apoiar o gerenciamento, buscando reduzir erros no planejamento de uma obra, desde o processo físico que compreende seu tempo de duração, ao processo financeiro, referente à previsão de gastos para o empreendimento (Silva *et al.*, 2019). Conforme Guimarães e Santos (2022), o setor da construção civil possui grande significado no cenário da indústria global e vive transformações constantes. Além disso, as empresas buscam cada vez mais alternativas que tragam vantagem competitiva, economia de recursos e melhorias contínuas, que tragam flexibilidade para reagir com rapidez as mudanças do mercado (Guimarães; Santos, 2022).

Diante de um cenário de inovações tecnológicas e das mudanças que ocorrem constantemente, as atividades de trabalho de uma empresa construtora precisam ser focadas na utilização de tecnologias digitais para os processos de planejamento, orçamentos, projetos vendas, execução da obra e administração, atrelando benefícios para empresa (Kozlovska; Klosova; Strukova, 2021).

Um estudo do Instituto Mckinsey (2019) aponta que empresas do setor de engenharia e construção permanecem com dificuldades em aplicar um programa de transformação digital em escala e que tentativas de agilizar projetos com soluções digitais foram frustradas, sendo um dos motivos para o setor estar entre os menos digitalizados do mundo. Tais características complicam o desenvolvimento de soluções digitais replicáveis por empresas de engenharia e construção para outros projetos.

O principal objetivo da adoção de tecnologias digitais na indústria da construção é modernizar as operações, assegurando economia de custos e tempo, aumento da produção e modelo de trabalho centrado no cliente. O sucesso da transformação digital na indústria da construção depende, principalmente, da transformação cultural e a mobilização das pessoas inseridas nesse contexto é fundamental para o êxito das iniciativas de digitalização na construção civil (Duque *et al.*, 2023).

Dessa forma, ressalta-se a importância de aprofundar o conhecimento sobre a aplicabilidade de tecnologias digitais, tendo em vista a busca por produtividade e eficiência, proporcionando melhores práticas na construção civil.

## **2 OBJETIVO**

O presente objetivo foi entender a estratégia e mecanismos adotados para a implementação de tecnologias digitais e os desafios enfrentados no processo. Com principal

objetivo de identificar, sistematizar e registrar o conhecimento sobre as tecnologias digitais com o intuito de estruturas melhores práticas aplicadas a empresas construtoras.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A transformação digital em uma entidade pode acontecer por meio do uso de novas tecnologias e com a participação da rede de colaboradores envolvidos, tecnologias de informação, computação, comunicação e conectividade. No processo de transformação digital, é a empresa que muda - mas tais mudanças só ocorrem depois da inovação. Isso significa que a transformação digital transforma os pilares sob os quais a empresa está firmada, o que envolve mudanças profundas na forma de pensar e de lidar com as novas tecnologias. (Currie, 2019; Schallmo, 2017).

Com o avançar da transformação digital nas organizações surgiram na literatura modelos capazes de avaliar os níveis de maturidade aos quais podem estar associadas às práticas de transformação digital. Dessa maneira, estão apresentados a seguir os principais modelos de maturidade relacionadas à transformação digital.

- *Capability Maturity Model* – CMM: Criado pelo Instituto de Engenharia de Software (SEI) da *Carnegie Mellon University* / 1991, com estrutura segura projetada para ajudar organizações a avaliar a maturidade de seus processos de software. Com objetivo de melhorar e otimizar os processos de desenvolvimento e manutenção de software em organizações. Apresentando quatro níveis: Inicial, Repetível, Definido, Gerenciado e Otimizado.
- Modelo de Excelência da Fundação Europeia para Gestão da Qualidade (EFQM): Lançado pela Fundação Europeia para a Gestão da Qualidade / 1992. Apresenta uma estrutura de gerenciamento que ajuda as organizações a gerenciar mudanças e melhorar o desempenho com três níveis: Direção, Execução e Resultados.
- *Kerzner Project Management Maturity Model* – KPM3: criado por Harold Kerzner / 2001. Apresenta planos de gestão estratégica e gerenciamento de projetos para qualquer organização e cinco níveis de linguagem: Comum, Processos Comuns, Metodologia Singular, Benchmarking e Melhoria Contínua.
- *Project Management Maturity Model* – PMMM: Criado com base em modelos de negócios já existentes, como o CMM e pelo EFQM. Com objetivo de aprimorar seus processos de gerenciamento de projetos para qualquer organização e apresenta cinco níveis: Processo inicial, Processo e padrões estruturados, Processo institucionalizado, Processo gerenciado e Processo de otimização.
- *Organizational Project Management Maturity Model* - OPM3: Publicado pelo *Project Management Institute (PMI)* / 2003. Com objetivo de compreender e avaliar a capacidade de uma organização implementar o seu planejamento estratégico de alto nível, gerindo o seu portfólio o e, em seguida, auxiliar na educação de profissionais de gerenciamento de projetos e leigos sobre os efeitos influentes da aplicação dos princípios de gerenciamento de projetos nas seguintes etapas: Padronizar, Medir e Controle.

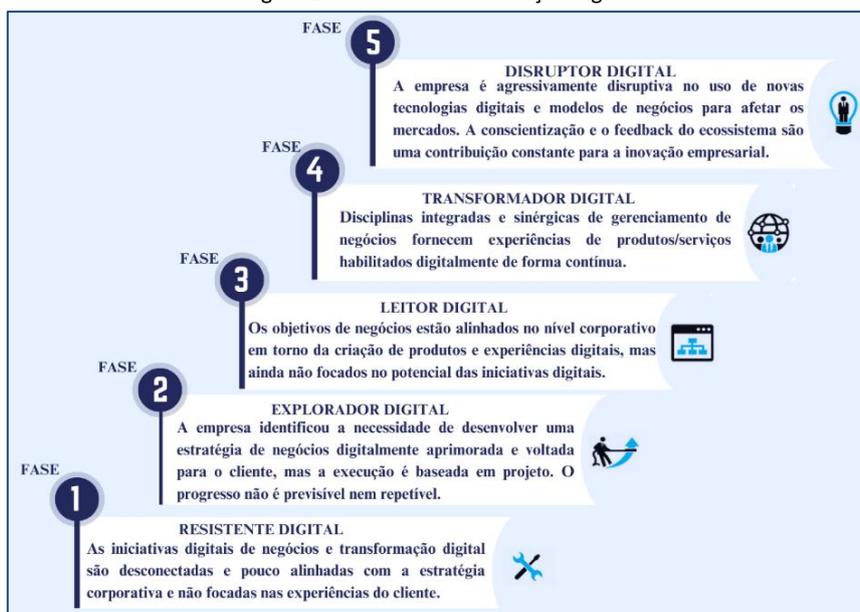
- *Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model - P3M3*: Lançado pelo *Office of Government Commerce (OGC)* / 2006. Ferramenta para melhores práticas dos domínios constituintes do gerenciamento de projetos organizacionais, incluindo gerenciamento de portfólio, gerenciamento de programas e gerenciamento de projetos. Usado em organizações corporativas, do setor público, governamentais e sem fins lucrativos de todos os tamanhos e em diversos setores. Apresentando cinco níveis: Consciência do processo, Processo repetível, Processo definido, Processo gerenciado e Otimizando do processo.

### 3.1 Tecnologias Digitais na Construção 4.0

Para um processo que envolve a utilização de tecnologias digitais para criar ou modificar modos de funcionamento dos negócios, aplica-se a transformação digital que é definida como sendo um processo de transformações estruturais que integra o uso da tecnologia digital buscando melhorar o desempenho, otimização de resultados e mudanças técnicas em diferentes setores da sociedade. De maneira geral, a transformação digital é a conversão de processos analógicos em digitais (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

De acordo com a pesquisa denominada “Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada” realizada pela Internacional Data Corporation (IDC), que teve participação de 835 profissionais de grandes construtoras em 12 países da Europa, Américas e Ásia, incluindo o Brasil, constatou-se que 72% das empresas de construção de todo o mundo estão priorizando o tema em suas organizações. O estudo apresentou cinco fases da transformação digital descritas na Figura 1 (Internacional Data Corporation, 2020).

Figura 1: Fases da transformação digital



Fonte: Adaptado de IDC (2020)

Define-se tecnologias digitais como um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam resolver diversos problemas através da transmissão de dados de informações, em um

período relativamente curto. A aplicação de tecnologias digitais para potencializar a produtividade na construção é cada vez mais comum no dia a dia dos profissionais que atuam no setor da construção civil. Neste contexto investir em tecnologia é essencial para viabilizar o desenvolvimento e utilização de materiais e processos inovadores gerando maior qualidade por meio de projetos eficientes com custos reduzidos (MCTI, 2023).

As principais tecnologias digitais identificadas como pilares da construção 4.0 são descritas sucintamente no Quadro 1.

Quadro 1: Principais tecnologias digitais integrantes da construção 4.0

Tecnologia	Fonte	Definição	Foco	Aplicação
Building Information Modelling – BIM	Crotty, R., 2012. Sacks et al., 2018. Dadashi Haji et al., 2023.	O <i>building information modelling</i> (BIM) ou modelagem da informação na construção não se trata de um <i>software</i> específico, e sim de uma metodologia de trabalho que utiliza modelos tridimensionais para o desenvolvimento de projetos.	A modelagem BIM cria componentes virtuais inteligentes sendo perfeitamente similares aos componentes reais do mundo físico, permitindo que o projetista construa virtualmente o empreendimento.	3D - Modelagem tridimensional, 4D – Planejamento, 5D – Orçamento, 6D – Sustentabilidade, 7D - Gerenciamento dos ativos e manutenção, 8D – Segurança no canteiro de obras, 9D – Construção enxuta, 10D – Industrialização da construção.
Big Data	Machado, 2018. Sousa et al., 2020.	Trata-se de uma tecnologia focada em coleta, filtrar e organizar grande quantidade de informações e dados. O processo é possível por meio de soluções específicas e integradas, que capturam e reúnem os dados de forma estruturada ou não e em grande velocidade.	O banco de dados obtidos com a tecnologia <i>big data</i> deve ser considerado como um dos mais importantes diferenciais para construtoras, destacando também por interagir suas informações com outras tecnologias.	A aplicação do de <i>Big Data</i> é dividido em 5 aspectos: Volume, veracidade, velocidade, veracidade e valor.
Computação em nuvem	Neto, 2019. Acquarone et al., 2019	Computação em nuvem ou <i>cloud computing</i> é a oferta de serviços de computação sob demanda por meio da internet, incluindo armazenamento de arquivos, redes, softwares, bancos de dados, servidores.	A principal característica desse sistema é torna desnecessário salvar arquivos e instalar programas em seu próprio computador.	Na construção civil usa-se essa tecnologia, por exemplo, nos departamentos responsáveis por compras, torna-se possível realizar o gerenciamento de ordens de compra e pagamento de fornecedores através das soluções de gestão integradas e conectadas digitalmente.
Internet das Coisas - IoT	Martins, 2023. Borges, 2022; Silva, Paschoalin Filho, Ribeiro, 2024.	A internet das coisas ou <i>internet of things</i> – IoT trata-se da conexão de pequenos objetos até as maiores máquinas, funcionando através de sensores.	Monitoramento de maquinários, monitorar o desempenho de materiais ou de equipamentos de proteção individual - EPI's.	A aplicação da IoT na construção civil resumidamente está relacionada ao uso de aparelhos e equipamentos (smartphone, computador ou outra interface) integrados em rede com objetivo de relatar, alterar e monitorar o ambiente no canteiro de obras.
Realidade virtual e aumenta	Freitas; Ruschel, 2010	A realidade virtual utiliza equipamentos que transportam o ser humano para um mundo digital. Já a realidade aumentada consiste na combinação de elementos do mundo real com elementos do mundo virtual.	Observar os objetos no meio físico, com o auxílio de óculos de realidade aumentada.	A tecnologia da realidade virtual e da realidade aumentada pode ser aplicada desde a fase de design dos projetos, promovendo uma melhor visualização dos elementos e uma imensurável riqueza de detalhes.

Continuação do Quadro 1: Principais tecnologias digitais integrantes da construção 4.0

Robótica	Portal da indústria, 2023.	Robótica é a ciência que estuda as tecnologias associadas a concepção e construção de robôs. Um robô é um dispositivo que, de acordo sua programação, pode desenvolver algumas	Aumentar a produtividade das empresas em diversas áreas desde da indústria até atividades domésticas.	Uma maneira de utilizar robôs na construção civil é durante demolições. Outra aplicabilidade, é a utilização de robôs para serviços de alvenaria, as máquinas podem ser pré-programadas para posicionar tijolos na construção de paredes.
----------	----------------------------	--	---	---

	Gabriel; Amaral; Campos, 2018.	atividades, funcionando de diferentes maneiras, gerenciadas pelo ser humano ou através de programação.		
Blockchain	Gomes <i>et al.</i> , 2021. Arão; Yudi, 2023.	O <i>Blockchain</i> consiste em uma ferramenta voltada para a descentralização de processos, para que as informações envolvidas em uma transação se tornem mais seguras e fáceis de serem gerenciadas dentro de um sistema.	Livro-razão digital (ledger, em inglês) único, imutável, compartilhável e distribuído que facilita a relação contratual, o processo de registro de transações e de rastreamento de ativos em uma rede de negócios	A tecnologia permite que, <i>stakeholders</i> (partes interessadas) de um mesmo projeto o acompanhamento em tempo real qualquer alteração ou aprovação feita em um documento de uma obra. Com <i>blockchain</i> , é possível rastrear e identificar a conclusão da obra e acionar a cláusula, liberando o pagamento. Tudo de forma automática, em tempo real e sem intermédio de pessoas.
Inteligência artificial – IA	Damaceno; Vasconcelos, 2018. dos Santos Teixeira; da Rocha, 2020	A inteligência artificial (IA) é a capacidade de uma máquina para reproduzir competências semelhantes às humanas como é o caso do raciocínio, a aprendizagem, o planejamento e a criatividade.	Processamento de grande quantidade de dados, analisar grandes volumes de dados, interpretar, categorizar dados e propor modelos matemáticos que atribuam a eles um significado.	Na construção civil, a IA possibilita inovações como softwares inteligentes para criar cronogramas de obra de maneira automática ou automatização do cálculo de estruturas.
Manufatura aditiva	Colpani, 2018.	A manufatura aditivada usualmente conhecida como impressão 3D, consiste na criação de produto a partir da sobreposição de camadas utilizando um modelo digital tridimensional (3D) - elaborado a partir de um software - e um maquinário específico.	Criar modelos digitais tridimensionais (3D)	Para o setor da construção civil, a concepção de maquetes por meio da impressão 3D auxilia na visualização do empreendimento auxiliando no planejamento e apresentação do projeto.
Drones	Decea, 2020. Gouveia <i>et al.</i> , 2021. Keyvanfa, Shafagha, Awanghamat, 2022.	Os drones são veículos aéreos não tripulados, também conhecidos como VANTS, que são controlados remotamente por um controle chamado <i>remotely piloted aircraft</i> - RPA (aeronave remotamente pilotada), também existem modelos de drones mais avançados que podem ser controlados por um computador.	Capturar imagens áreas	Na construção civil os drones, fornecem imagens variadas a partir de diferentes ângulos para relatórios técnicos, auxiliando no levantamento topográfico e mapeamento de áreas, verificação de danos estruturais, na inspeção de telhados, além de poder apoiar a equipe de marketing e vendas.

Fonte: Autoria Própria (2024).

As tecnologias digitais apresentadas no quadro 1 configuram um ambiente interconectado, organizando processos e informações para projetar, construir e operar de forma mais eficaz na indústria da construção; em particular, nas empresas construtoras (Sawhney *et al.*, 2020).

A pesquisa “O estado da adoção digital no Relatório de Construção 2023” desenvolvido para Deloitte e conjunto com Autodesk, apresenta diferenças significativas após a adoção e uso de tecnologia digitais pelas empresas de construção. O estudo mostra a corrente utilização de tecnologias na construção e negócios de engenharia e apresentou também barreiras mais comuns para a adoção tecnologias digitais na indústria da construção, sendo elas apresentadas na Figura 2:

Figura 2: Barreiras mais comuns para a adoção tecnologias digitais



Fonte: Elaborado pelos autores baseado Relatório sobre o estado da adoção digital na construção de 2023, Deloitte (2023).

A falta de inovação tecnológica no setor da construção é uma realidade global e é particularmente acentuada no Brasil. A falta de modernização e novas soluções tecnológicas podem gerar falta de produtividade e, conseqüentemente, diminuição da competitividade no setor. Assim, é imperativo que as empresas identifiquem barreiras à modernização e desenvolvam estratégias de inovação (Linderoth; Jacobsson; Elbanna, 2018).

#### 4 METODOLOGIA

A pesquisa de campo foi caracterizada por investigações que, em conjunto com pesquisas bibliográficas e/ou documentais, realizaram coletas de dados. Assim, o objetivo da pesquisa de campo foi observar fatos e fenômenos exatamente como se manifestaram na realidade, através da coleta de dados (Gil, 2022). A seleção das empresas nas quais se aplicou o checklist foi feita por meio de um processo de amostragem não probabilística intencional. Conforme Gil (2022), nesse tipo de processo são escolhidos casos para a amostra que sejam representativas da população/universo. Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizaram-se os seguintes critérios:

1. Empresas certificadas nível A no estado de Pernambuco pelo Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras de Construção Civil – SIAC PBQP-H/ISSO 9001.
2. A empresa pertencer a algum grupo de trabalho de entidade representativa da construção.
3. A empresa está engajada em algum programa de transformação digital.

Para a pesquisa de campo, a seleção das empresas construtoras localizadas e atuantes na cidade de Recife-PE, inicialmente dez empresas foram selecionadas para contato e aplicação do checklist de pesquisa, entretanto, apenas seis responderam à pesquisa: uma empresa de grande porte, quatro empresas médio porte e uma empresa de pequeno porte. O porte das empresas foi determinado de acordo com Sebrae (2020).

Todas as empresas que participaram da pesquisa estão engajadas em algum programa de transformação digital, possuem certificação ISO 9001:2015 que é a norma internacional para Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) publicada pela International Organization for Standardization - ISO e metade das empresas possuem certificação Nível A no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade Habitat (PBQP-H).

A coleta de dados ocorreu entre os meses de agosto e novembro de 2023, utilizando um checklist desenvolvido com base no modelo de pesquisa de Medeiros (2011), Huttli (2023) e em estudos com os seguintes temas:

- Maturidade digital de construtoras e incorporadoras de todo o Brasil (CBIC, 2023);
- Relatório cenário construtivo brasileiro 2023 (Cenário Construtivo Brasileiro, 2023);
- Digital 2023 construction report (RICS, 2023);
- Digitalização das engenharias no Brasil (BIM Fórum Brasil, 2022);
- Construção do amanhã Panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil (Deloitte, 2020);
- Transformação digital na indústria da construção (CBIC, 2020);
- Transformação digital: como construir o futuro, hoje (BSI, 2020).

Na elaboração do checklist, também foi adotada a escala Likert, um padrão de resposta no qual os entrevistados expressam seu nível de concordância com afirmações, variando entre total discordância e total concordância. (Cunha, 2007; Alexandre *et al.*, 2003).

O checklist foi subdividido em quatro partes:

1. Registro de informações gerais para caracterização das empresas: porte da empresa construtora, se a empresa possui setor específico para desenvolvimento tecnológico e se está engajada em algum setor ou capacitação para transformação digital.
2. Caracterização do responsável: formação acadêmica e cargo que o entrevistado exerce na empresa.
3. Transformação digital: contendo questões relativas ao nível de digitalização, motivações para adoção de tecnologias digitais, em quais temáticas estão direcionados dos treinamentos e capacitações, quais seriam as principais barreiras e benefícios do uso de tecnologias digitais de cada empresa construtora estudada.
4. Tecnologias digitais: direcionada à coleta de informações sobre quais tecnologias são usadas nas empresas construtoras, impactos advindos das implementações

tecnológicas e importância da implementação de tecnologias digitais para aumento de produtividade.

A seguir serão apresentados os resultados da presente pesquisa, onde buscou-se identificar desafios, motivações e ações por parte das empresas construtoras para adoção e implementação de tecnologias digitais nos diversos processos de trabalho da empresa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Estudo de Caso

Foi possível identificar quais motivações levaram as empresas construtoras que participaram do estudo a adotarem o uso de tecnologias digitais e em quais processos de trabalho foram implementadas tais tecnologias, conforme ilustrado na Figura 4.

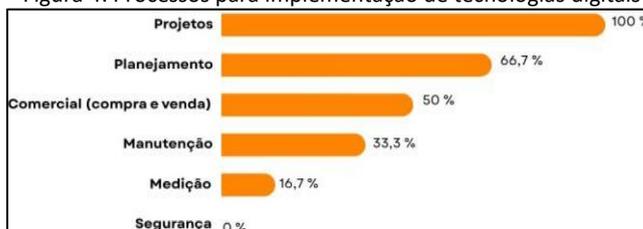
Figura 3: Motivação para adoção de novas tecnologias digitais



Fonte: Autoria Própria (2024).

A presente pesquisa mapeou seis processos onde 100 % das empresas relataram que começaram implementar tecnologias digitais no setor de projetos, e o segundo setor foi o de planejamento, como ilustra na Figura 5.

Figura 4: Processos para implementação de tecnologias digitais



Fonte: Autoria Própria (2024).

Quando as construtoras começam a implementar tecnologias digitais no setor de projetos da empresa faz com que os projetistas trabalhem de forma vinculada para que os projetos executivos estejam compatibilizados, melhorando assim o planejamento com redução de falhas e erros no orçamento, podendo também reduzir atrasos na execução. No entanto, a presente pesquisa constata que o processo de projetos é o mais adequado para uma construtora iniciar uma estratégia de adoção e implementação de tecnologias digitais.

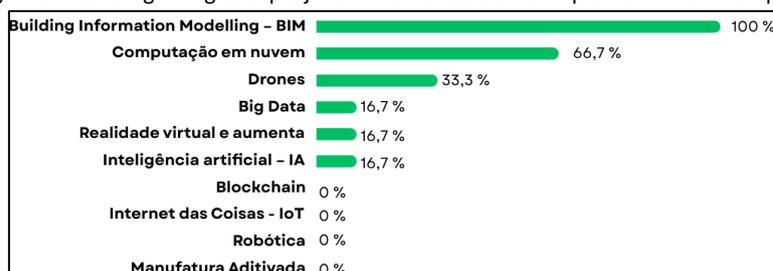
Para apontar os principais benefícios que o uso de tecnologias digitais agrega para as empresas construtoras, a presente pesquisa elencou cinco possíveis benefícios, tendo como resultado as seguintes porcentagens:

- 83,3 % das empresas destacaram a automatização de processos como principal benefício decorrente do uso de tecnologias digitais
- 50 % das empresas relataram que a redução de custos e melhoria na qualidade das obras como segundo melhores benefícios advindos do uso de tecnologias digitais

- 33,3 % concordam que o uso de tecnologias digitais trouxe aumento de produtividade e visibilidade gerencial

Para o presente estudo foi elencado de acordo com pesquisa exploratória dez tecnologias digitais, conforme apresenta na Figura 6, com objetivo de mapear quais destas tecnologias são mais usadas atualmente em empresas construtoras. Apresentando como resultado o building information modeling - BIM ou modelagem da informação da construção como a tecnologia mais usada, onde 100 % das empresas já trabalham com o BIM em seus processos de trabalho.

Figura 5: Tecnologias digitais que já foram ou estão sendo implementadas na empresa

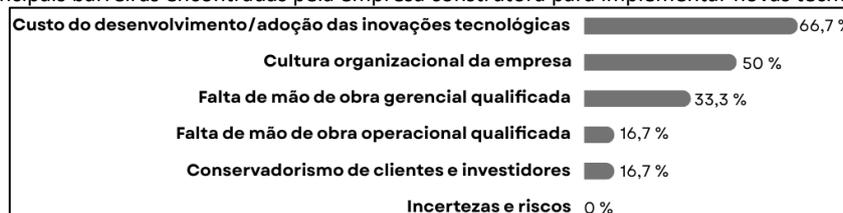


Fonte: Autoria Própria (2024).

Diante dos resultados apresentados anteriormente e por consequências das motivações registradas na pesquisa, constatou-se que os processos de projetos em uma empresa construtora é o ideal para iniciar uma estratégia de implementação do uso de tecnologias digitais. Podendo concluir que com a adoção correta da tecnologia a ser usada diante das necessidades das empresas, a construtora apresenta melhores benefícios em processos automáticos, ou seja, agilizando processos que antes seriam realizados de forma manual.

É importante que o processo de implementação de tecnologias digitais em uma empresa de construção civil aconteça de forma gradativa, de forma planejada e por fases. A Figura 7 mostra que a presente pesquisa identificou que o custo para adoção de inovações tecnológicas é a principal barreira para implementar tecnologias digitais em seus processos de trabalho.

Figura 6: Principais barreiras encontradas pela empresa construtora para implementar novas tecnologias digitais



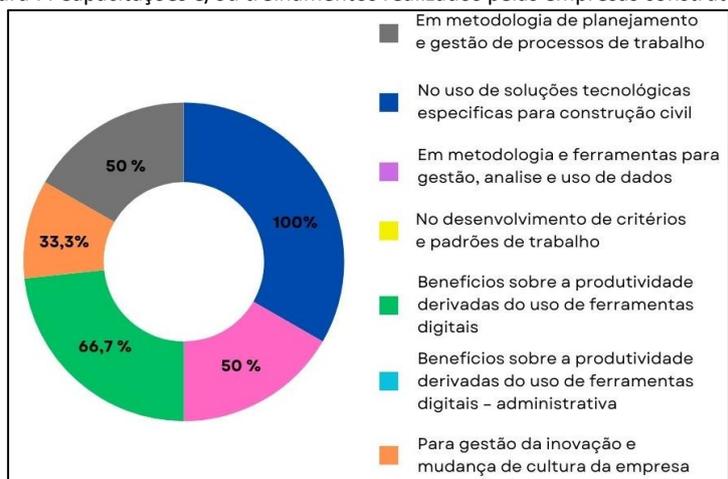
Fonte: Autoria Própria (2024).

A pesquisa comprovou que o custo para adoção e implementação de tecnologias digitais é uma das principais barreiras enfrentadas pelas empresas, a pesquisa também buscou identificar quais tecnologias trouxeram mais custo para as empresas, tendo como resultado:

- Quatro empresas (66,7 %) concordam que o BIM foi a tecnologia que mais teve custos para adoção e implementação.
- A computação em nuvem e o Big Data foram as tecnologias que mais trouxeram custos para as empresas (16,7%), depois do BIM.

Para que uma tecnologia digital seja implementada de forma correta e traga benefícios para construtora o indicado seria que a empresa busque consultorias e treinamentos especializados para entender como a tecnologia funciona e como usa-la diante das necessidades da empresa. A Figura 8 apresenta resultados satisfatórios com a relação à temática que os treinamentos e/ou capacitações realizados pelas empresas construtoras estão direcionados, onde 100% das empresas priorizam o treinamento voltado para o uso de soluções tecnológicas específicas para a construção.

Figura 7: Capacitações e/ou treinamentos realizados pelas empresas construtoras



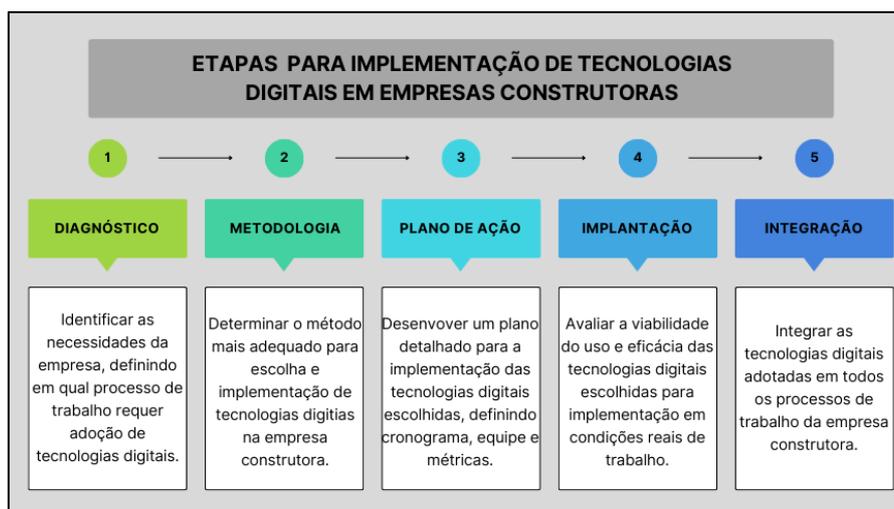
Fonte: Autoria Própria (2024).

Analisando os resultados apresentados anteriormente e levando em consideração que o setor da construção civil é um dos menos digitalizados do mundo, como foi apresentado no referencial teórico, foi possível concluir que a falta de cultura organizacional da empresa voltada para uma transformação digital e o custo da adoção de tecnologias são os fatores mais importantes para que empresas construtoras resistam para adoção e uso de tecnologias digitais.

## 5.2 Diretrizes para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras

Com base nas informações coletadas e experiências vivenciadas através da revisão do estado da arte e pesquisa de campo que compõem este trabalho, são estabelecidas etapas para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 8: Etapas para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras



Fonte: Autoria Própria (2024).

No Quadro 3 a seguir são sugeridas diretrizes a cada uma das etapas de implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.

Quadro 3: Diretrizes a cada uma das etapas de implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras

Etapa	Diretriz 1	Diretriz 2	Diretriz 3
Diagnóstico: identificação das necessidades da empresa	Conhecer os pontos fortes e fracos da construtora para em seguida definir os objetivos e metas para saber exatamente onde a tecnologia digital será bem aplicada	Avaliar o nível de maturidade aplicando os modelos de maturidade relacionadas transformação digital apresentados e descritos anteriormente no Quadro 2 - Principais modelos de maturidade relacionados transformação digital.	Investigar os desafios enfrentados pelos seus colaboradores. Isso pode ser feito por meio de entrevistas com funcionários, análise de processos existentes e <i>feedback</i> dos clientes.
Metodologia: delineação da implementação	Determinar quais tecnologias mais se adequam para o processo ou processos de trabalho determinados para adoção e uso destas tecnologias, o que depende de fatores como o tipo de projetos que ela realiza e o orçamento disponível.	Definir também uma equipe de colaboradores que será responsável pelo cumprimento das atividades pertinentes a este processo, ou seja, quais profissionais irão passar por treinamentos e testar as tecnologias digitais adotadas nos processos da empresa construtora.	Realizar pesquisas sobre as opções de tecnologias digitais disponíveis no mercado e identificar aquelas que melhor atendem às necessidades da empresa, através de consultoria com empresas especializadas em tecnologias e inovação ou através de vínculos com instituições de ensino.
Plano de ação: determinar atividades para implementação	Determinar com clareza as atividades que precisam ser desenvolvidas, por exemplo utilizando métodos de planos de ação, incluindo cronogramas, alocação de recursos, treinamento de equipe e definição de métricas de sucesso.	Capacitar colaboradores para utilizar as novas tecnologias digitais, o que consiste no fornecimento de treinamento e capacitação adequados sobre como usar as novas tecnologias de forma eficaz e produtiva, através de empresas ou profissionais especializados nas tecnologias digitais escolhidas pela empresa.	Listar os benefícios esperados para que ao fim do processo de implementação sejam avaliados.
Implantação: piloto e teste	Realizar avaliação das tecnologias digitais selecionadas em projetos de pequeno porte da empresa para análise de sua viabilidade e eficácia em condições reais de trabalho.	Avaliar os resultados do teste com objetivo de determinar quais obstáculos foram enfrentados e quais melhorias serão necessárias.	Se após a avaliação do teste a tecnologia digital for de fato escolhida, a empresa deve determinar os próximos projetos para implementação e processos para integração.
Integração de tecnologia digitais	Iniciar a implementação de forma gradual em toda a empresa construtora, começando por processos onde elas podem fornecer o maior impacto positivo.	Monitoramento contínuo do desempenho e ajustes conforme necessários de uma ou várias tecnologias digitais implementadas.	Fazer um estudo comparativo com os benefícios esperados, como o aumento da produtividade, redução de erros, melhoria da qualidade do trabalho e maior satisfação dos clientes.

Fonte: Autoria Própria (2024).

É recomendável que empresas construtoras que atuem no segmento imobiliário que desejam implementar tecnologias digitais estejam engajadas em programas, jornadas, eventos direcionados a transformação digital e inovações tecnológicas no setor da construção civil. Como por exemplo:

- Projetos da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC),
- Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital),
- Jornada de Transformação Digital – SENAI,
- Centro de Estudos e Sistemas Avançados - CESAR do Recife localizado no Porto Digital.

O conhecimento e atualizações sobre as tecnologias e inovações que o mercado oferece é indispensável para definir a abordagem da empresa para inovação e digitalização, em alinhamento com a estratégia de negócios, sempre com foco na geração de resultados. No entanto, para uma empresa construtora apresentar resultados satisfatórios na implementação de tecnologias digitais é imprescindível seguir as orientações apresentadas na Quadro 3.

## **6 CONCLUSÃO**

A pesquisa exploratória identificou que o progresso tecnológico na indústria da construção civil, que potencializa a eficiência e produtividade possibilitam o aumento da eficiência e produtividade neste setor. Foi possível identificar também a variedade de tecnologias que apresentam utilidade no setor da construção civil, incluindo tecnologias como: Building Information Modeling (BIM), Internet das coisas – IoT, Realidade aumentada e virtual, Gêmeos digitais, *Big Data*, Impressão 3D, Computação em nuvem, Blockchain.

No estudo de caso, mesmo com a reduzida quantidade de respostas ao checklist de pesquisa, foi possível observar que a transformação digital na indústria da construção civil é essencial para economia do setor e que em uma construtora essa transformação deve começar pelo setor de projetos. Destaca-se o Building Information Modeling (BIM) como a tecnologia predominante entre as construtoras e a redução de custos e consolidação da empresa no mercado, são resultados diretos da adoção de novas tecnologias. Por fim, o custo do desenvolvimento/adoção das inovações tecnológicas e conservadorismo de clientes são as principais barreiras para a transformação digital.

Dado o exposto, o trabalho alcançou os propósitos estabelecidos pelos objetivos, que era, identificar, sistematizar e registrar o conhecimento sobre as tecnologias digitais com o intuito de estruturas melhores práticas aplicadas a empresas construtoras.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA INDUSTRIA. **Construção civil: cenário atual e perspectivas.**

Artigo, 2023. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/artigos/ieda-maria-pereira-vasconcelos/construcao-civil-cenario-atual-e-perspectivas/#> Acesso: 01 jun 2024.

ALEXANDRE, J. W. C. et al. Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria da resposta ao item. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ouro Preto. **Anais [...]**. 2003.

ARÃO, Gabriel; YUDI, Jones. **Bockchain na indústria 4.0-definição, aplicabilidade e desenvolvimento.**

BERGER, R. **Think act - digitization in the construction industry - building Europe's road to "Construction 4.0"**. 2016. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/en/Media/Digitization-in-the-construction-sector.html>. Acesso em: 2 mar. 2023.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Projeção de crescimento da construção 2024.** Artigo, 2024. Disponível em: <https://cbic.org.br/cbic-revisa-para-23-projecao-de-crescimento-da-construcao-em-2024/> Acesso em: 8 mai. 2024.

CUNHA, L. M. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes.** Dissertação de Mestrado em Probabilidades e Estatística. Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2007.

CURRIE, G.; HAWK, K. E.; ROHREN, E.; VIAL, A.; KLEIN, R. Aprendizado de máquina e aprendizado profundo em imagens médicas: imagens inteligentes. **Journal of medical imaging and radiation sciences**, v. 50, n. 4, p. 477-487, 2019.

GUIMARÃES, T. C.; SANTOS, B. S. M. Metodologias Ágeis na construção civil: estudo de caso da Construção Modular Off site aplicada no Hospital M'boi Mirim em São Paulo. **Brazilian Journal of Development**. v. 8, p. 2207-2225, 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 7ª edição. São Paulo: Atlas, 2022.

DADASHI HAJI, M.; BEHNAM, B.; SEBT, M.H.; ARDESHIR, A.; ALI KATOOZIANI. A. Ferramenta de medição de indicadores de segurança líderes baseadas em BIM para canteiros de obras. **Int J Civ Eng** **21**, 265-282 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40999-022-00754-9>

DUQUE, M. A.; FERNEDA, E.; SILVA, A. P. B. da; STREIT, R. E.; SCHEER, S. The use of BIM in FM: Legal aspects in the context of the BIM BR strategy. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, [S. l.]**, v. 11, n. 84, 2023. DOI: 10.17271/23188472118420233675. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/3675](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/3675). Acesso em: 15 abr. 2024.

DADASHI HAJI, Mostafa et al. BIM-based safety leading indicators measurement tool for construction sites. **International Journal of Civil Engineering**, v. 21, n. 2, p. 265-282, 2023.

DE FREITAS, Márcia Regina; RUSCHEL, Regina Coeli. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. **Arquiteturarevista**, v. 6, n. 2, p. 127-135, 2010.

MA, Danfeng et al. Influencing factors of outsourcing in construction projects: a holistic perspective. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 15, n. 2, p. 396-422, 2022.

KOZLOVSKA, M.; KLOSOVA, D.; STRUKOVA, Z. **Impact of Industry 4.0 Platform on the Formation of Construction 4.0 Concept: A Literature Review. Sustainability.** v. 13, ed. 2683, 2021.

KEYVANFAR, A.; SHAFAGHAT, A.; AWANGHAMAT, M. A. Otimização e Análise de Trajetória de Voo de Drones e Variáveis Ambientais para Modelagem 3D do Monitoramento do Progresso da Construção. *Int J Civ Eng* 20, 363–388 (2022). <https://doi.org/10.1007/s40999-021-00665-1>

SAWHNEY, A.; RILEY, M.; IRIZARRY, J.; PÉREZ, C. T. A proptoses framework for Construction 4.0 based on a review of literature. ESCOLAS ASSOCIADAS DE PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO DA 56ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL ANUAL. *Anais [...]*. p. 301–309, 2020.

SACKS, Rafael et al. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers.** John Wiley & Sons, 2018.

SILVA, D. H. P.; VIANNA, E. O.; PEDROSO, G. M. Integração entre as tecnologias BIM e Blockchain para o controle do registro autoral na área da construção civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA

SILVA, A. B. da; PASCHOALIN FILHO, J. A.; RIBEIRO, J. P. M. lot device for monitoring the tilt of containment in basket gabions. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, [S. l.]*, v. 12, n. 85, 2024. DOI: 10.17271/23188472128520244855. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/4855](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/4855). Acesso em: 15 jul. 2024.

INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, p. 1–5, 2019. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/213>. Acesso em: 8 jun. 2023.

SAWHNEY, A.; RILEY, M.; IRIZARRY, J.; PÉREZ, C. T. A proptoses framework for Construction 4.0 based on a review of literature. ESCOLAS ASSOCIADAS DE PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO DA 56ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL ANUAL. *Anais [...]*. p. 301–309, 2020.

SCHALLMO, D.; WILLIAMS, C.A.; BOARDMAN, L. Transformação digital de modelos de negócios — melhores práticas, facilitadores e roteiro. *International journal of innovation management*, v. 21, n. 08, p. 1740014, 2017.

MGI – MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Decoding digital transformation in construction.** Relatório Técnico, 2019.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Transformação Digital.** 2023. Disponível: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital> Acesso: 05 mai 2023.

IDC - INTERNATIONAL DATA CORPORATION. **Transformação digital: o futuro da conexão Construção.** 2020. Disponível em: [https://constructioncloud.autodesk.com/rs/572-JSV-775/images/Autodesk-IDC-Digital%20Transformation\\_The-Future-of-Connected-Construction.pdf](https://constructioncloud.autodesk.com/rs/572-JSV-775/images/Autodesk-IDC-Digital%20Transformation_The-Future-of-Connected-Construction.pdf). Acesso: 02 mar 2023.

OESTERREICH, T.D.; TEUTEBERG, F. Entendendo as Implicações da Digitalização e Automação no Contexto da Indústria 4.0: Uma Abordagem de Triangulação e Elementos de uma Agenda de Pesquisa para a Indústria da Construção. *Computers in Industry.* v. 83, p. 121-139.2016.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; LINDER, C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Computadores na Indústria.* v. 99, p. 205–225, 2018.

CONFERÊNCIA INTERNACIONAL ANUAL. *Anais [...]*. p. 301–309, 2020.

DELOITTE. **Produtividade e oportunidades para a cadeia de construção**. 2023. Disponível em:  
<https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/energy-and-resources/articles/produtividade-oportunidades-cadeia-construcao.html> Acesso: 20 mar 2023.

HANSEN, K. L.; TATUM, C. B. Technology and strategic management in construction. **Journal of Management in Engineering**, v. 5, n. 1, p. 67-83, 1989.

DELOITTE. **Produtividade e oportunidades para a cadeia de construção**. 2023. Disponível em:  
<https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/energy-and-resources/articles/produtividade-oportunidades-cadeia-construcao.html> Acesso: 20 mar 2023.

LINDEROTH, H. C. J; ELBANNA, A. R.; JACOBSSON, M. Barriers for Digital Transformation: The Role of Industry. In: **ACIS**. 2018. p. 84.