



Construção Inteligente: Um estudo sobre tecnologias transformadoras no mercado da Construção Civil

LOMEU, Gustavo Gueiros¹; RODRIGUES, Bruno¹;
Orientador: Prof. Me. Rafael Augusto Valentim da Cruz²
Universidade São Francisco
gustavo.lomeu@mail.usf.edu.br
bruno.rodrigues@mail.usf.edu.br

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo principal, demonstrar como a aplicação de tecnologias pode ter um impacto transformador no cenário da engenharia civil, abordando aspectos como eficiência, segurança e sustentabilidade. Além disso, busca identificar os desafios enfrentados na implementação dessas tecnologias. A metodologia adotada consiste em uma revisão bibliográfica abrangente, que explora estudos e pesquisas relacionados ao impacto da tecnologia na construção civil. A análise crítica dessas fontes permite uma compreensão aprofundada dos problemas enfrentados pelo setor e das potenciais soluções proporcionadas pela adoção de tecnologias inovadoras. Os resultados obtidos até o momento revelam a urgência de transformações significativas na construção civil. A precarização do setor é evidenciada por atrasos frequentes, custos elevados e questões de segurança no ambiente de trabalho. Por outro lado, a implementação de tecnologias emergentes, como *Building Information Modeling* (BIM), realidade aumentada e Internet das Coisas (IoT), demonstra um potencial transformador. Essas tecnologias oferecem melhorias na eficiência do processo construtivo, possibilitam uma gestão mais eficaz de recursos e promovem ambientes de trabalho mais seguros. As conclusões parciais apontam para a necessidade premente de superar desafios, como resistência cultural, falta de conhecimento técnico e barreiras financeiras, que impedem a adoção plena dessas tecnologias. A conscientização, a capacitação profissional e a formulação de políticas públicas adequadas são aspectos cruciais para a superação desses obstáculos. Em síntese, este estudo destaca a relevância da tecnologia na construção civil como agente transformador. A implementação eficaz dessas inovações não apenas aborda os problemas atuais do setor, mas também pavimenta o caminho para um futuro mais sustentável, eficiente e seguro na construção civil.

Palavras-chave: Construção 4.0., Inovação. Processos Construtivos. Transformação Digital

¹ Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

² Professor do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista



1. INTRODUÇÃO

A construção civil, há muito tempo, é um pilar no desenvolvimento humano, moldando as paisagens urbanas e impulsionando o progresso. No entanto, essa indústria robusta e tradicional não está imune às rápidas transformações catalisadas pela revolução tecnológica. No epicentro dessa mudança, encontramos uma convergência de inovações que redefine não apenas o método, mas a essência da construção civil.

Perante a realidade da construção no Brasil e no mundo, a eficiência e produtividade se destacam como fatores essenciais para compreender e alavancar o desenvolvimento do setor. Conforme indicado por um estudo conduzido por um órgão representativo da indústria da Construção Civil no Estado de São Paulo (SindusCon-SP), em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), a eficiência do trabalho na última década apresentou um desafio significativo.

Justifica-se então a necessidade permanente de compreender e explorar o papel revolucionário que a tecnologia desempenha no setor da construção. A compreensão aprofundada desses impactos pode ser fundamental para orientar profissionais, empresas e formuladores de políticas na tomada de decisões informadas, podendo impulsionar a transformação do setor em direção a um futuro mais inovador e resiliente.

História da construção civil e seu progresso

A origem da palavra Engenharia remonta ao Latim Ingenius, derivando de "In," que significa "dentro," e "genius," que se refere à "divindade que preside em cada indivíduo". Quanto à palavra "civil", ela está associada ao termo "cidadão".

De acordo com o artigo publicado no portal Trimble (Rachel Jones, 2022), a trajetória da construção civil ao longo dos séculos é um tema desafiador dada a falta de uma definição clara do que constitui exatamente a construção. Desde abrigos temporários, como abrigos de galhos e peles de animais, utilizados por nossos ancestrais, até estruturas mais elaboradas, a evolução da construção é notável.

Segundo o artigo, o sítio de Olduvai Gorge, na Tanzânia, apresenta vestígios de um círculo de pedras datado de 1,8 milhão de anos atrás, sugerindo as primeiras formas de construção por caçadores-coletores. Contudo, algumas controvérsias persistem sobre se essa formação em Olduvai Gorge é de fato uma evidência de construção. Outros apontam para Terra Amata, na França, datando de 400.000 a.C., como local das primeiras cabanas temporárias usadas por nossos antepassados durante a temporada de caça.

À medida que a civilização avançou, destacam-se as realizações arquitetônicas da Mesopotâmia, onde palácios, templos e zigurates eram construídos com técnicas avançadas de alvenaria. No Egito, Grécia, Roma e China, a construção progrediu, produzindo monumentos duradouros como as pirâmides, templos gregos e palácios imperiais chineses.

O panorama da construção começou a mudar significativamente no século XVI, quando engenheiros e arquitetos passaram a ser reconhecidos como profissões distintas, exigindo educação especializada. Andrea Palladio, nascido em 1508, é considerado o primeiro arquiteto moderno, influenciando gerações futuras.

A Revolução Industrial no século XIX marcou um período de transformação na construção, com avanços científicos e tecnológicos permitindo experimentações com uma variedade maior de materiais e formas. A produção em massa de ferro fundido em 1709, por



Abraham Darby, abriu caminho para inovações como a construção da primeira ponte de ferro no Reino Unido em 1781.

De acordo com o artigo da Datalogic, 2015, o ferro fundido tornou-se amplamente utilizado nos EUA durante o rápido crescimento do século XIX, destacando-se pela resistência ao fogo e custo acessível. A revolução industrial também deu origem à prefabricação, com as primeiras casas modulares concebidas em 1830, e à Crystal Palace em Londres, uma estrutura de vidro e ferro montada em 1851. Ao explorar esses marcos, é possível perceber que a construção, desde suas origens humildes até os tempos modernos, é um reflexo da evolução da sociedade e da engenhosidade humana.

Rachel aponta ainda que no início do século XX, os arranha-céus decolaram completamente, especialmente em Chicago e Nova York. Durante essa "primeira grande era" dos arranha-céus, uma sucessão de arranha-céus records foram construídos, à medida que cada construtor tentava superar seus predecessores, e as empresas viam os edifícios como extensões de sua marca. A cidade de Nova York tornou-se lar de alguns dos arranha-céus mais altos e icônicos do mundo, como o Flatiron Building e o Woolworth Building. Nesse período, empreiteiros e engenheiros também elaboraram métodos para melhorar os custos e o cronograma da construção, tornando-a mais eficiente.

O artigo no portal Trimble destaca que agora, arranha-céus massivos pontilham o globo. No final do século XX, países no hemisfério oriental começaram a construir alguns dos arranha-céus mais inovadores. Assim como os construtores de Chicago e Nova York competiam pelo edifício mais alto durante o início e meados do século XX, o século XXI viu uma espécie de corrida de arranha-céus entre países do Oriente Médio e do Leste. As Torres Petronas, em Kuala Lumpur, foram as primeiras detentoras do recorde de edifício mais alto fora dos EUA. Em 2003, foram superadas pelo Taipei 101 em Taipei, Taiwan. O título é agora detido pelo Burj Khalifa, em Dubai, Emirados Árabes Unidos, com impressionantes 2.722 pés de altura. Além da altura, alguns dos construtores de arranha-céus mais inovadores estão experimentando com estilos arquitetônicos, materiais inovadores, medidas de eficiência energética e conforto dos ocupantes.

O *boom* habitacional levou ao surgimento dos subúrbios e das rodovias que os sustentam. A construção da rede rodoviária interestadual dos EUA começou após a assinatura da Lei Federal de Auxílio Rodoviário de 1956. Foi concebida pela primeira vez pelo Congresso em dois relatórios lançados em 1939 e 1944, que destacaram a necessidade de um sistema que "atendesse aos requisitos da defesa nacional em tempos de guerra e às necessidades de um tráfego pacífico em crescimento de alcance mais longo." A rodovia expressa Mark Twain no Missouri foi o primeiro projeto a ser construído sob a lei de 1956.

- A rede rodoviária interestadual dos EUA foi um dos muitos projetos massivos de infraestrutura nos séculos XX e XXI.
- O Canal do Panamá, inaugurado em 1914, foi o projeto de construção mais caro da história naquela época.
- O Túnel do Canal da Mancha, que conecta a França ao Reino Unido, foi inaugurado em 1994. Consiste em três túneis: dois para o tráfego ferroviário e um túnel central para serviços.
- A Barragem das Três Gargantas, concluída em 2012 na China, é a maior usina hidrelétrica do mundo.

2. METODOLOGIA

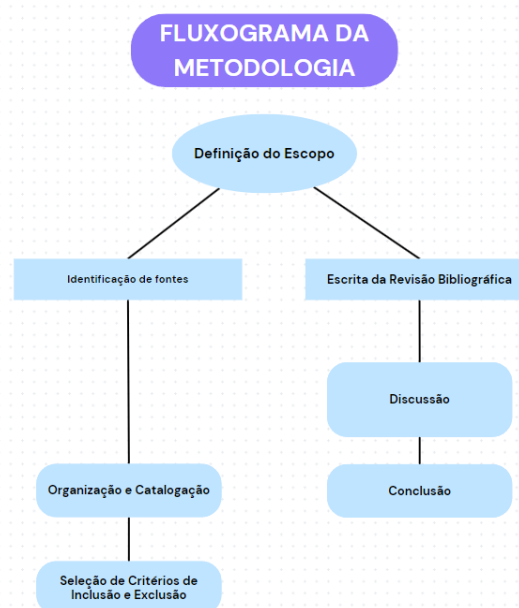
A condução metodológica deste trabalho se fundamenta na escolha da revisão bibliográfica como arcabouço teórico, uma abordagem que se revela como um processo refinado para a análise de caso em questão. A meticulosidade da pesquisa demandou uma exploração ampla, abrangendo fontes diversas, desde artigos científicos, dissertações, e teses até obras literárias e publicações de instituições especializadas na área de estudo. Este repertório foi devidamente organizado e catalogado, formando uma base sólida para a construção do conhecimento.

O ponto de partida consistiu na identificação cuidadosa e seletiva dessas fontes, seguida por uma organização sistemática, garantindo a eficiência na gestão e interpretação das informações obtidas. Em um segundo momento, procedeu-se à definição criteriosa de critérios de inclusão e exclusão, estabelecendo uma hierarquia de prioridades. Essa fase revelou-se crucial, direcionando o foco para estudos que não apenas dialogassem com a temática do cenário da construção, mas também explorassem de maneira aprofundada o impacto da tecnologia no mercado.

A etapa subsequente concentrou-se na elaboração da revisão bibliográfica, na qual os estudos selecionados desempenharam um papel integral. Além de fundamentar a delimitação precisa do tema, esses estudos conferiram coesão e clareza ao texto final. A abordagem adotada visou não apenas abranger uma variedade de perspectivas, mas também aproximar-se dos aspectos mais relevantes do tema, possibilitando uma apresentação lógica, estruturada e envolvente das informações obtidas.

Essa metodologia, para além de atender aos requisitos acadêmicos do presente trabalho, reflete um compromisso intrínseco com a solidez e a relevância da pesquisa. Ao direcionar a análise para a interseção entre o meio acadêmico e a prática empreendedora no contexto da construção, almeja-se não apenas preencher uma lacuna de conhecimento, mas também contribuir significativamente para a compreensão mais profunda e informada dos desafios e oportunidades que permeiam essa esfera específica.

Figura 1: Fluxograma da Metodologia



Fonte: próprio autor.

2.1. Identificação de fontes

A busca por fontes de informação para a revisão bibliográfica é um processo essencial para garantir a abrangência do trabalho. A identificação de fontes para este TCC, centrado no panorama e aplicação da tecnologia na construção civil, seguirá critérios específicos:

Bases de Dados Científicas: Realizar consultas em bases de dados renomadas, tais como Google Acadêmico, Scielo e outras relevantes para a área de engenharia civil. Priorizar artigos científicos revisados por pares que apresentem estudos de caso, revisões e análises críticas sobre a aplicação de tecnologia na construção civil.

Periódicos Especializados: Explorar periódicos especializados em engenharia civil, construção e tecnologia na construção. Identificar publicações de impacto que abordem inovações tecnológicas, desafios e tendências relevantes para o escopo do TCC.

Livros e Monografias: Consultar obras acadêmicas e monografias que ofereçam uma perspectiva aprofundada sobre a integração de tecnologia na construção civil. Considerar autores renomados e publicações reconhecidas no campo.

Relatórios Técnicos e Documentos Institucionais: Buscar relatórios técnicos de organizações como o Sindicato da Indústria da Construção Civil de Grandes Estruturas no Estado de São Paulo (SindusCon-SP) e outras entidades relevantes, que possam fornecer informações práticas e normativas.

Fontes de Divulgação Científica: Explorar fontes de divulgação científica, como artigos em revistas como o Sienge, McKinsey Global Institute, e outras que traduzem os avanços tecnológicos para um público mais amplo, proporcionando uma visão abrangente e acessível.

A combinação dessas fontes permitirá uma abordagem abrangente e fundamentada sobre a aplicação da tecnologia na construção civil, garantindo uma revisão bibliográfica completa e atualizada.

2.2. Seleção de critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos para garantir a relevância, confiabilidade e atualidade das informações, bem como alinhar-se ao escopo específico do trabalho.

Relevância Temática: Incluir fontes que abordem diretamente a aplicação da tecnologia na construção civil. Priorizar estudos que discutam inovações, desafios e impactos significativos dessa integração.

Atualidade: Dar preferência a fontes recentes, com ênfase em publicações dos últimos cinco anos, para garantir a incorporação das mais recentes tendências e avanços tecnológicos no setor.

Metodologia Aplicada: Valorizar estudos de caso, pesquisas, revisões sistemáticas e análises críticas que apresentem metodologias robustas e resultados confiáveis.

Foco Empresarial: Incluir pesquisas e estudos de caso relacionados a empresas do setor da construção civil que tenham implementado tecnologias inovadoras. Excluir fontes que não tragam contribuições práticas ou exemplos aplicados.

Abrangência Tecnológica: Selecionar fontes que cobrem uma variedade de tecnologias relevantes para a construção civil, como BIM, realidade aumentada, automação, uso de drones, entre outras.



Contexto Nacional: Considerar estudos e pesquisas que tenham relevância para o contexto nacional brasileiro, levando em conta normativas e especificidades do mercado local.

Idioma: Priorizar fontes em português e inglês para abranger uma gama mais ampla de publicações científicas e técnicas.

Na sequência serão apresentados os conceitos que serviram de base para o desenvolvimento do presente trabalho

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1. - O cenário atual da construção civil no Brasil e no mundo

Segundo a *GlobalData*, em 2023, o mercado da construção civil no Brasil atingiu um valor de \$110.6 bilhões em 2022, e projeta-se um crescimento com uma taxa média anual de mais de 2% no período de 2024 a 2027. Esse aumento é impulsionado por investimentos nos setores de transporte, energia renovável, habitação e petróleo. O cenário promissor reflete a expansão e diversificação das atividades no mercado brasileiro de construção.

De acordo com Luiz Henrique Ceotto, SIENGE, 2017, na era da Transformação Digital, onde inovações tecnológicas estão redefinindo setores inteiros, a indústria da construção enfrenta um desafio único. Enquanto diversas organizações avançam na integração de tecnologia em seus processos, a construção ainda luta para colher completamente os benefícios desse movimento. As barreiras particulares desse setor impactam diretamente sua capacidade de atender à crescente demanda por personalização, mantendo eficiência na utilização de materiais e na execução de projetos.

Fatores macroeconômicos, uso extensivo de processos industrializados e o nível de qualificação da força de trabalho surgem como elementos cruciais para a análise precisa da situação no Brasil. Além disso, a estrutura tributária do país é apontada como uma fonte de distorção com implicações consideráveis na eficiência, gerando desafios logísticos e financeiros adicionais para as empresas do setor.

No cenário do setor de engenharia e construção, os Estados Unidos iniciou o ano de 2022 com um cenário positivo, registrando um crescimento sólido de 8% nos gastos com construção em 2021. O valor adicionado atingiu US\$1 trilhão no segundo trimestre de 2022, enquanto a produção bruta alcançou US\$2 trilhões no mesmo período, comparado a US\$1,9 trilhão no segundo trimestre de 2021. Apesar desses números promissores, a análise mais detalhada das dinâmicas de mercado sugere que 2023 provavelmente verá taxas de crescimento diferenciadas em diferentes segmentos da indústria segundo o estudo “*2023 engineering and construction industry outlook*”, elaborado pela Deloitte em 2023.

No segmento não residencial, o estudo aponta que espera-se um impulso significativo devido aos fundos provenientes do *Infrastructure Investment and Jobs Act* (IIJA) e do *CHIPS and Science Act* de 2022. Este último destina US\$52,7 bilhões para pesquisa, desenvolvimento, fabricação e desenvolvimento de mão de obra em semicondutores americanos, prevendo estimular a construção em 2023 e nos anos seguintes. Por outro lado, as empresas de construção residencial adotam uma visão relativamente mais pessimista para o próximo ano, atribuindo essa postura a uma possível redução na demanda do consumidor.

Considerações sobre o cenário atual da construção civil no Brasil e no mundo

A respeito do cenário atual da construção civil no Brasil e no mundo, precisa-se considerar que a digitalização surge como uma promessa de otimização, impulsionando uma revolução na forma como a construção é concebida e executada.

Assim, enquanto alguns segmentos podem estar mais otimistas do que outros, desafios como inflação e problemas na cadeia de suprimentos podem continuar afetando a indústria como um todo no próximo ano.

É notório que a indústria da construção é suscetível aos efeitos dos preços em alta, abrangendo desde o aumento nos preços do aço, madeira e combustíveis até o custo elevado de mão de obra qualificada. Isso pode resultar em atrasos na conclusão de projetos, aumento nos custos de construção e redução nas margens de lucro. Portanto, mesmo com perspectivas de crescimento, a indústria enfrenta desafios que podem moldar seu desempenho nos próximos anos.

Além disso, seja na criação de um megaprojeto ou de uma casa unifamiliar, a indústria da construção tem se voltado cada vez mais para a sustentabilidade. A sociedade como um todo tem se tornado mais consciente das mudanças climáticas, da extração dos recursos naturais e do impacto humano na natureza. Historicamente, a construção sustentável focava na fase operacional dos ativos. No entanto, a sustentabilidade dos processos de construção está se tornando cada vez mais importante. Os envolvidos na indústria já estão começando a reduzir o impacto ambiental da construção, e isso continuará sendo um ponto-chave no futuro.

A transformação digital na construção está avançando e desempenha um papel crítico na solução de desafios persistentes, incluindo a sustentabilidade, na indústria. Empresas de construção estão adotando tecnologia para melhorar a eficiência, reduzir riscos e tomar decisões baseadas em dados, desafios que se tornaram ainda mais agudos durante a pandemia.

3.2 - Os desafios atuais no mercado das construções

A construção civil, como um pilar fundamental para o crescimento e desenvolvimento de uma nação, enfrenta uma série de desafios que demandam análise aprofundada e estratégias inovadoras para sua superação. No contexto brasileiro, onde a indústria da construção desempenha um papel crucial na economia, diversos obstáculos surgem, impactando desde a escassez de recursos financeiros até questões relacionadas à disponibilidade e custo de materiais.

Estes desafios, muitas vezes imprevisíveis e dinâmicos, lançam luz sobre a complexidade inerente ao setor da construção civil, exigindo uma abordagem proativa e adaptativa. Nesse cenário, a compreensão aprofundada dessas adversidades é essencial para informar estratégias eficazes que promovam a resiliência e a sustentabilidade do setor.

Figura 2: Desafios em relação a projetos por setor.

Área de Atuação	Construção e incorporação	Serviços relacionados a construção, tecnologia e consultoria	Comércio de materiais de construção	Fornecedores de insumos para construção	Indústria de base
Atraso de fornecedores	68	56	46	62	50
Escassez de mão de obra qualificada	68	56	55	60	45
Escassez de materiais	74	30	73	62	50
Escassez ou aumento do custo dos recursos financeiros	32	37	82	40	50
Falta de gestão	5	0	9	0	5
Impacto das variações climáticas	11	0	0	16	30
Imprevisibilidade de câmbio	26	26	27	36	60
Imprevisibilidade de custos	79	70	73	46	60
Imprevisibilidade do potencial de receita	32	33	46	28	30
Problemas jurídicos ou regulatórios	42	48	27	12	30

Fonte: Deloitte, 2022

Segundo o estudo "Produtividade e Oportunidades para a Cadeia da Construção Civil", conduzido pela Deloitte, 2023, e divulgado pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC). O estudo identificou que a "escassez ou aumento do custo dos recursos financeiros" representa um obstáculo significativo para as empresas de materiais de construção, enquanto a "escassez de materiais" é uma preocupação proeminente para os fornecedores de insumos para a construção. Além disso, a imprevisibilidade cambial foi destacada como um dos maiores desafios para a Indústria de Base.

A eficiência da mão de obra é apontada como um desafio central durante a execução de projetos nos setores de construção/incorporação, serviços relacionados, comércio e indústria de materiais de construção.

Já a cadeia de construção no Brasil compreende aproximadamente 23 mil empresas, gerando receitas líquidas de R\$2,3 trilhões e empregando cerca de 3,7 milhões de pessoas. Conforme o estudo elaborado pela Deloitte, a maior parte desses números provém de empresas fornecedoras de insumos para construção. O estudo destaca as 9.424 empresas nesse segmento, responsáveis por uma receita líquida de R\$1,03 trilhão e 1,4 milhão de empregos. Em segundo lugar, estão as 1.776 empresas da Indústria de Base, com receita líquida de R\$981,1 bilhões e 516 mil empregos. O setor de obras de engenharia e infraestrutura completa o Top 3, com 5.429 negócios, 1,1 milhão de pessoas ocupadas e R\$165,8 bilhões em receita líquida.

Figura 3: Principais desafios para execução de obras.

Área de Atuação	Construção e incorporação	Serviços relacionados a construção, tecnologia e consultoria	Comércio de materiais de construção	Fornecedores de insumos para construção	Indústria de base
Atrasos devido à operação ineficiente de veículos	5	8	11	7	0
Atrasos e sobrecusto por acidentes	0	4	0	5	0
Aumento de carga tributária, custos e insumos	5	0	0	0	11
Avarias de equipamentos	0	4	33	9	0
Conhecimento sobre os materiais e componentes para cada obra/atividade	16	19	11	16	11
Dificuldade de replanejar por falta de informações sobre a obra/atividade	11	42	44	33	6
Eficiência da mão de obra	74	62	78	74	44
Erros de execução/retrabalho	32	58	44	42	11
Furtos/roubos de materiais	5	0	11	7	0
Gestão dos prestadores de serviços	53	39	44	19	44
Integração digital com os sistemas dos parceiros	21	23	0	16	22
Mudanças no clima	16	0	11	26	11
Organização da obra	16	39	22	35	28
Perdas de materiais/entulhos	11	12	22	14	11
Prazo de entrega de materiais (fornecedores)	58	42	22	47	56
Prevenção de acidentes/segurança do trabalhador	26	4	22	12	28
Tempo total de execução da obra	32	35	33	35	22

Fonte: Deloitte, 2022

Considerações sobre os desafios atuais no mercado das construções

Este resultado sublinha a lacuna existente na formação e qualificação dos profissionais, especialmente diante do cenário cada vez mais digital. Tópicos como "gestão da cadeia de fornecimento" e "gestão dos prestadores de serviços" também foram identificados como áreas de atenção pelos respondentes.

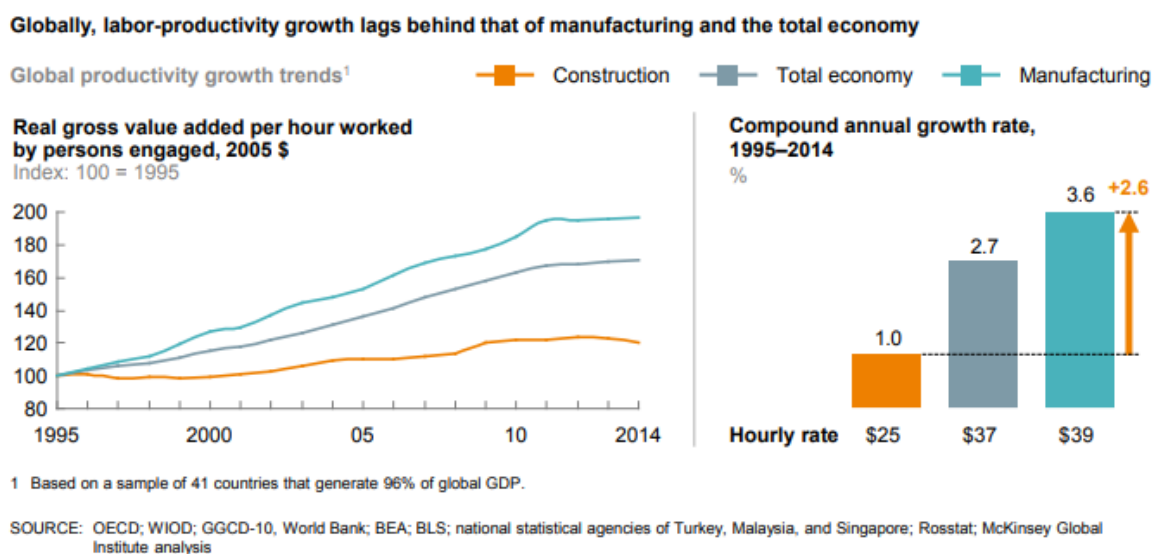
De acordo com a Deloitte, o investimento na qualificação da mão de obra é significativo, com a cadeia de construção gastando R\$301,48 bilhões com pessoal. Destes, a maior parcela (39%) é destinada ao fornecimento de insumos, seguido pela Indústria de Base (30%). Gastos com profissionais responsáveis pelas obras de engenharia e infraestrutura representam 20% desse montante, totalizando R\$60,30 bilhões. É notável o aumento na escolaridade dos trabalhadores do setor, indicando uma evolução positiva. Nas obras de engenharia e infraestrutura, a porcentagem de profissionais com ensino médio completo aumentou de 23,9% em 2007 para 53,2% em 2020, enquanto a taxa de analfabetismo diminuiu de 1% para 0,5% no mesmo período.

3.3. - A questão da produtividade na construção civil

Segundo um estudo realizado pelo McKinsey Global Institute, de 2017, o setor da construção é uma parte significativa da economia global, movimentando cerca de US\$10 trilhões anualmente em bens e serviços relacionados. No entanto, apesar do seu tamanho, a produtividade na indústria tem ficado atrás de outros setores por décadas, representando uma oportunidade de fechar essa lacuna estimada em US\$1,6 trilhão.

Globalmente, o crescimento da produtividade laboral no setor da construção tem uma média de 1% ao ano nas últimas duas décadas, em comparação com 2,7% para a economia mundial total e 3,6% para a indústria manufatureira conforme mostrado na Figura 1. Em uma análise de países, menos de 25% das empresas de construção alcançaram o crescimento de produtividade observado nas economias onde operam ao longo da última década. Sem mudanças, será difícil atender à demanda global por infraestrutura e habitação. Se a produtividade na construção se equipara à média da economia total, o valor agregado do setor poderia aumentar em US\$1,6 trilhão ao ano. Isso cobriria aproximadamente metade das necessidades anuais de infraestrutura do mundo ou impulsionaria o PIB global em 2%. Nos Estados Unidos, um terço dessa oportunidade está concentrada. Desde 1945, a produtividade na manufatura, varejo e agricultura cresceu até 1.500%, enquanto na construção mal apresentou aumento.

Figura 4 - Disparidade da produtividade entre trabalhadores da construção civil e outros setores

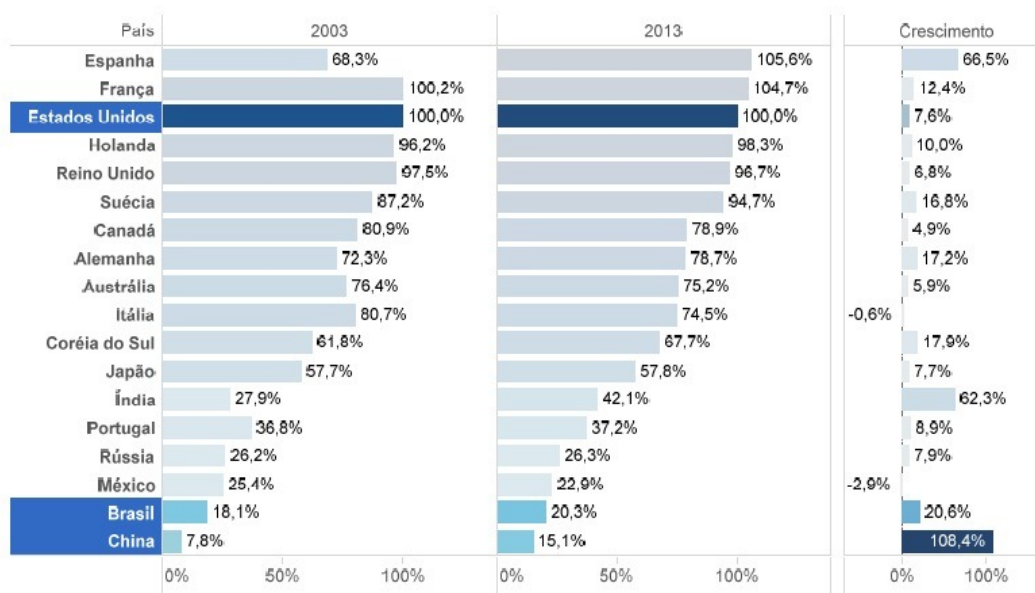


Fonte: McKinsey Global Institute

Perante a realidade da construção no Brasil e no mundo, a eficiência e produtividade se destacam como fatores essenciais para compreender e alavancar o desenvolvimento do setor. Conforme indicado por um estudo conduzido por um órgão representativo da indústria da Construção Civil no Estado de São Paulo (SindusCon-SP), 2016, em parceria com a Fundação Getulio Vargas (FGV), a eficiência do trabalho na última década apresentou um desafio significativo.

Ao fazer uma análise em relação aos Estados Unidos, por exemplo, o estudo apurou que a eficiência da mão de obra brasileira em 2016 representava apenas 20% da produtividade dos trabalhadores nos EUA. Outro paralelo: no intervalo considerado, de 2003 a 2013, enquanto a eficiência no setor de construção no Brasil cresceu 20,6%, na China ela registrou um aumento de 108,4%.

Figura 5 - Produtividade por país.



Fonte: WIOD. Elaboração: FGV, 2016

Considerações sobre a questão da produtividade na construção civil

Esses dados destacam uma disparidade significativa entre a construção e outros setores em termos de eficiência e crescimento produtivo. A falta de avanço na produtividade no setor da construção, particularmente nos Estados Unidos, contrasta com o progresso observado em outros setores da economia. Esse cenário ressalta a urgência de ações e mudanças estratégicas para impulsionar a eficiência e inovação no setor da construção, buscando reduzir essa lacuna de produtividade.

Entretanto, mesmo em economias avançadas, a eficiência na construção geralmente não alcança o patamar médio de produtividade da economia, que é tomado como base (100) no comparativo do gráfico a seguir. Esse gráfico ilustra a diferença significativa no índice de eficiência do setor em relação à média da economia brasileira e a considerável disparidade em comparação com nações desenvolvidas.

3.4.1 - As tecnologias na engenharia e o conceito de Indústria 4.0

Segundo a pesquisa realizada pela IDC InfoBrief, março 2020, o panorama atual da transformação digital na construção revela que 72% das empresas do setor consideram a digitalização uma prioridade crucial para implementar mudanças significativas em seus processos, modelos de negócios e/ou ecossistemas. A transformação digital (DX) é vista como uma maneira de garantir a excelência operacional, aprimorar o envolvimento do cliente, gerenciar efetivamente os riscos, concluir projetos dentro do prazo e do orçamento, melhorar

a segurança da mão de obra e, em última análise, apoiar o crescimento da infraestrutura em economias globais.

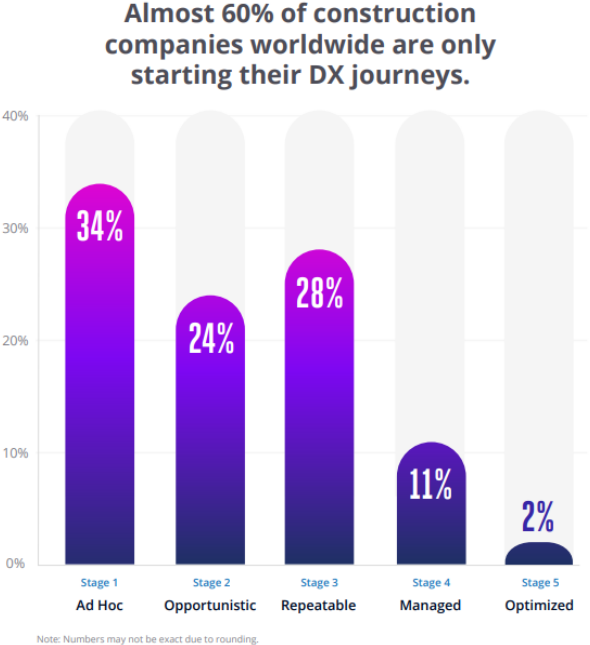
O relatório demonstra também que apesar da importância atribuída à DX, a maioria das empresas ainda está nos estágios iniciais de suas jornadas, com 58% classificadas nos estágios 1 e 2 de um total de 5. Apenas 13% das empresas estão consideravelmente avançadas em suas jornadas de transformação digital. Este estudo do IDC InfoBrief oferece uma análise mais aprofundada da indústria global da construção, destacando os desafios enfrentados pelas organizações, os obstáculos a serem superados e os investimentos necessários para conduzir a indústria para a era digital.

Figura 6: Os estágios da evolução

Estágio	Disciplina	Características
1	Digital Resister	- Iniciativas digitais desconectadas e mal alinhadas com A estratégia empresarial - Pouco foco na experiência do cliente
2	Digital Explorer	- Identificação da necessidade de desenvolver uma estratégia de negócios digitalmente aprimorada e orientada pelo cliente - Execução em uma base de projeto. O progresso não é previsível nem repetível
3	Digital Player	- Metas de negócios e TI alinhadas no nível empresarial em torno da criação de produtos e experiências digitais - Ainda não focado no potencial disruptivo das iniciativas digitais
4	Digital Transformer	- Disciplinas de gestão de negócios e TI integradas e sinérgicas entregam experiências de produtos/serviços digitalmente habilitadas de forma contínua.
5	Digital Disruptor	- A empresa é agressivamente disruptiva no uso de novas tecnologias digitais e modelos de negócios para afetar mercados. - A consciência e O feedback do ecossistema são entradas constantes para A inovação dos negócios.

Fonte: Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada, Autodesk, 2020

Figura 7 - Gráfico de companhias que estão começando sua jornada digital.



Fonte: IDC (2020)

Considerações sobre as tecnologias na engenharia e o conceito de Indústria 4.0

Nesse panorama, pautado por rápidas transformações tecnológicas, a pergunta que surge como ponto central é: "Como as empresas podem se beneficiar das tecnologias no cenário atual?" À medida que a sociedade avança para uma era cada vez mais digital, as organizações estão diante de oportunidades significativas para otimizar processos, impulsionar a eficiência operacional e aprimorar a qualidade de seus produtos e serviços. A adoção inteligente de tecnologias emergentes pode representar um diferencial competitivo, permitindo que as empresas não apenas se adaptem às mudanças, mas também prosperem em um ambiente empresarial dinâmico e desafiador. Este questionamento nos conduz à reflexão sobre as estratégias e abordagens que as empresas podem adotar para explorar plenamente o potencial das tecnologias disponíveis, visando não apenas a sobrevivência, mas a liderança nos seus respectivos setores de atuação.

O cenário atual da transformação digital nas empresas de construção revela que a maioria ainda está nos estágios iniciais desse processo, conforme definido pela IDC. A transformação digital é conceituada como a aplicação de tecnologias da Terceira Plataforma, como nuvem, mobile, big data e social, aliada à inovação organizacional, operacional e de modelos de negócios, visando criar novas formas de operar e expandir os negócios.

3.4.2 - A indústria 4.0 e o conceito de “Construção 4.0”

O termo "Construção 4.0" surge como uma aplicação específica dos princípios da Indústria 4.0 adaptada ao setor da construção civil. A Indústria 4.0, que representa a quarta revolução industrial, é caracterizada pela integração de tecnologias como inteligência artificial, computação em nuvem, robótica, análise de dados e internet das coisas para aprimorar os sistemas produtivos industriais. Na construção civil, a "Construção 4.0" incorpora essas inovações, criando um ambiente tecnologicamente avançado e interconectado.

Figura 8 - A Indústria 4.0.



Fonte: ABDI (2017)

De acordo com artigo do SEBRAE, 2017, o conceito busca transformar a abordagem tradicional nos processos de planejamento, execução e gestão de projetos. Ao integrar tecnologias digitais, automação e coleta de dados em tempo real, a Construção 4.0 visa melhorar a eficiência operacional, otimizar a gestão de recursos, aprimorar o controle de qualidade e fortalecer medidas de segurança. O objetivo central é otimizar os processos construtivos, reduzir custos, aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, proporcionar maior flexibilidade e adaptabilidade do setor às exigências do mercado.

Figura 9 - As revoluções industriais.



Fonte: COELHO (2016 p. 15)

Considerações sobre a indústria 4.0 e o conceito de “Construção 4.0”

A visão da Construção 4.0 não se mostra apenas uma perspectiva futura, mas uma realidade em constante evolução. Essa abordagem representa a resposta do setor da construção civil à convergência contínua de avanços tecnológicos, moldando a forma como enfrenta os desafios contemporâneos.

3.4.3 - Inovações da indústria 4.0 na construção civil

- **Drones**
Os drones desempenham um papel crucial na redução de custos e no aumento da eficiência nos processos de construção. Sua aplicação abrange diversas áreas, incluindo o mapeamento de terrenos destinados à construção, a simulação de projeções, e a monitorização e inspeção de obras, proporcionando maior segurança nessas tarefas.
De acordo com a ECOPORE 2022, o mercado que mais cresce é a indústria da construção. O uso de drones no canteiro de obras disparou em 2018 – subindo 239%. A utilização de drones contribui significativamente para tornar as obras mais eficientes e seguras. Em vez de deslocar um profissional, envolver custos com andaimes e expor a vida dos colaboradores a riscos, os drones são empregados para a verificação e registro de informações. Com um custo menor e em poucos minutos, esses equipamentos retornam com os dados necessários para a empresa.
- **Big Data Analytics**
Big Data Analytics refere-se ao processo de coleta, análise e aplicação de dados em grande escala. Utilizando sistemas específicos, as empresas conseguem reunir



volumes significativos de dados, seja por meio de captura ou a partir das informações já existentes em seus servidores, para análise e aplicação nos negócios.

Na construção civil, essa inovação pode ser aplicada de diversas maneiras, abrangendo desde o entendimento do público da construtora até a redução de desperdícios no canteiro de obras.

Os dados obtidos fornecem informações cruciais que permitem aos gestores identificar as causas fundamentais dos problemas na obra, possibilitando a tomada de decisões embasadas em evidências.

Vitor Soares - Fundação Estudar, afirma que a consultoria internacional IDC prevê que a geração de dados cresça a uma taxa anual composta de 23% para o mercado de criação e armazenamento.

- Realidade Aumentada

Na construção civil, a realidade aumentada pode desempenhar um papel crucial como elemento da Indústria 4.0, sendo aplicada em diversas situações, tais como:

- Rotinas de manutenção: ao apontar para um equipamento, a tecnologia apresenta informações sobre o que precisa ser revisado ou corrigido.
- Oferta de treinamentos detalhados para equipes específicas.
- Projeção de cenários, edifícios e adaptações do espaço.
- Promoção de uma experiência personalizada para o cliente.

Além disso, a realidade aumentada é frequentemente utilizada na comercialização de imóveis, permitindo a simulação de ambientes para os clientes. As construtoras conseguem apresentar aos clientes espaços ainda não decorados, utilizando a realidade virtual para mostrar como o ambiente ficará após a conclusão. Existem também outras aplicações para essa tecnologia no ambiente produtivo.

Segundo artigo publicado em março de 2023 pela CNN Brasil, a demanda crescente coloca a Realidade Aumentada no radar de negócios: o tamanho do mercado global de Realidade Aumentada deve se expandir a um crescimento anual (CAGR) de 40,9% de 2022 a 2030, tendo seu valor estimado em US\$ 25,33 bilhões no ano de 2021

- BIM

A incorporação de um software BIM (Modelagem da Informação da Construção) na operação representa um significativo avanço em direção à indústria 4.0, sendo acessível para muitas empresas do setor de construção. Esse sistema específico possibilita a visualização tridimensional de todas as etapas de uma construção, proporcionando clareza e eficiência ao projeto. Além disso, pode ser empregado no auxílio ao gerenciamento da obra.

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) estima que o aumento da produtividade pode chegar a 10% com o BIM. Outro dado que chama a atenção é que a tecnologia pode reduzir em até 20% o custo de obras públicas.

- Impressão 3D

A impressão 3D na construção civil é uma técnica inovadora que utiliza impressoras tridimensionais para criar estruturas e componentes de edificações. Ao contrário dos métodos tradicionais de construção, que muitas vezes envolvem a montagem de peças ou a moldagem manual de materiais, a impressão 3D constrói camadas sucessivas de

material, como concreto ou outros compostos específicos, de acordo com um projeto digital previamente elaborado.

Esse processo oferece diversas vantagens, como a capacidade de criar formas complexas, redução do desperdício de materiais, maior eficiência e rapidez na construção, além da possibilidade de explorar designs arquitetônicos inovadores. A impressão 3D na construção civil tem sido aplicada em diversas escalas, desde pequenos elementos estruturais até mesmo na construção de casas inteiras, representando uma abordagem promissora para o futuro da construção.

Segundo artigo da revista Forbes, em 2016, 71,1% das indústrias adotaram a impressão 3D para prototipagem e produtos nos Estados Unidos, impactando diretamente na cadeia de suprimentos e em toda a fabricação global daquela época em diante

- ERP - Sistema de Gerenciamento de Obras

O ERP, que significa Enterprise Resource Planning ou Planejamento de Recursos Empresariais, quando aplicado como um sistema de gerenciamento de obras na construção civil, refere-se a uma solução integrada de software que auxilia as construtoras e empreiteiras na gestão eficiente e abrangente de todos os aspectos relacionados às suas operações e projetos.

Esse sistema abrange diversas áreas, como planejamento, controle financeiro, gestão de recursos humanos, logística, compras, entre outras. A ideia é centralizar todas as informações e processos em uma única plataforma, possibilitando maior visibilidade, controle e tomada de decisões mais informadas. A utilização de um ERP na construção civil visa otimizar processos, reduzir custos, minimizar erros e garantir uma execução mais eficaz dos projetos, contribuindo para a eficiência operacional e o sucesso global da empresa no setor da construção.

De acordo com o estudo *“Impact of Enterprise Resource Planning (ERP) Systems to the Construction Industry”*, dentre as empresas entrevistadas, 90% das que implantaram um ERP tiveram sucesso no aumento de produção.

Figura 10 - As principais tecnologias.

	Qualificação da mão de obra	Retrabalho	Matéria-prima	Planejamento e controle	Layout do canteiro	Segurança do trabalho
BIM	●	●	●	●	●	●
BIM 4D	●	●	●	●	●	●
Automação	●	●	●	●	●	●
Telas Soldadas	●	●	●	●	●	●
Monoforte	●	●	●	●	●	●
Sistema de alvenaria estrutural	●	●	●	●	●	●
Sistema de lajes mistas	●	●	●	●	●	●
Sistema de CES	●	●	●	●	●	●
Tecnologia móvel	●	●	●	●	●	●
Microconcreto de alto desempenho	●	●	●	●	●	●
Concreto autoadensável	●	●	●	●	●	●
Painéis EPS	●	●	●	●	●	●
EAD	●	●	●	●	●	●
RFID	●	●	●	●	●	●

Fonte: SEBRAE (2022)



Considerações sobre as inovações da indústria 4.0 na construção civil

Examinando a situação atual da adoção de tecnologias aplicadas à Construção, é evidente o significativo progresso alcançado. O avanço inclui tecnologias como BIM, Edifícios Virtuais, aplicação de Inteligência Artificial, Internet das Coisas e Realidade Virtual na construção, entre outras inovações. Entretanto, enfrenta-se um desafio notório: a considerável distância entre a pesquisa acadêmica e sua aplicação prática na indústria, uma lacuna que persiste neste contexto específico.

3.4.4 - As Construtechs

O termo "*Construtech*" refere-se a *startups* dedicadas especificamente ao setor da construção civil. Similar a outras startups de tecnologia, o propósito das construtechs é solucionar problemas, otimizar processos e aprimorar a qualidade dos serviços, capacitando as empresas a competirem de maneira eficaz em um mercado cada vez mais tecnológico. Essas startups atuam tanto dentro quanto fora dos canteiros de obras, abrangendo toda a cadeia produtiva, desde mineradoras, empreiteiras e incorporadoras até o consumidor final. Isso implica que existem soluções tecnológicas para diversos públicos, seja para profissionais que trabalham diretamente na execução da obra, seja para a equipe administrativa do escritório.

O surgimento desse tipo de *startup* visa resolver desafios como gastos que excedam o orçamento planejado, dificuldades na monitoração de equipes, atrasos e baixo desempenho da equipe, entre outros. Com as ferramentas adequadas para uma estratégia eficiente, é possível potencializar a produtividade da equipe, reduzir custos e proporcionar um serviço de maior qualidade.

Segundo Tomás Lima (SIENGE, 2022.), no período de 2015 a 2019, o número de startups no Brasil mais que triplicou, passando de 4.151 para 12.727, de acordo com a Associação Brasileira de Startups (Abstartups). Esse fenômeno é irreversível e abrange diversos setores, inclusive a construção civil.

A cadeia de construção desempenha um papel significativo, contribuindo com 10% do PIB global. Essa cadeia é crucial para a construção de moradias, infraestrutura urbana e desempenha um papel fundamental na geração de empregos e renda. No entanto, ela é caracterizada por ineficiências, desperdícios e baixa produtividade. A construtech surge como uma força transformadora para abordar essas questões.

Considerações sobre as Construtechs

A atuação das construtechs ocorre dentro e fora dos canteiros. Ou seja, já existem soluções tecnológicas e inovadoras focadas em melhorar a produtividade e execução das obras. E há também soluções para apoiar o “time do escritório”, como na parte comercial, processos, gestão, planejamento etc. Ao propor o uso da tecnologia e da inovação para melhorar processos, mesmo sob resistência em alguns casos, a construtech é essencial para o futuro da construção civil. Pois propõe mudanças em toda a cadeia do setor, com benefícios reais.

3.4.5 - Fatores de impacto

Segundo o artigo Aplicação da tecnologia pode auxiliar no aumento de produtividade na construção civil, publicado pelo portal SIENGE, 2017, Cerca de 60% dos empresários do setor da construção têm planos de investir em novidades tecnológicas.

Segundo o artigo Construção civil e tecnologia: aumentando a produtividade no trabalho, 2022, pequenas empresas na construção civil, ao buscar destaque no mercado, podem enfrentar desafios ao adotar diversas tecnologias simultaneamente. Portanto, é crucial compreender que cada tecnologia atua em uma área específica, proporcionando soluções distintas. A estratégia adequada é priorizar investimentos em inovações que atendam e aprimorem serviços, elevando a produtividade.

De acordo com o artigo publicado pelo SEBRAE, 2022, é essencial reconhecer os seis principais fatores que impactam a produtividade na construção:

- Capacitação e treinamento da mão de obra: A produtividade aumenta significativamente com funcionários bem treinados e que mantêm vínculo sólido com a empresa.
- Retrabalho: Mão de obra qualificada resulta em trabalhos bem executados, reduzindo a necessidade de alterações, desperdícios e ajustando-se aos prazos estipulados.
- Matéria-prima: O controle rigoroso sobre o uso de materiais padronizados evita perda de tempo com produtos de qualidade inferior e agiliza o reabastecimento do estoque.
- Layout do canteiro de obras: Um espaço de trabalho bem planejado e organizado facilita a circulação de trabalhadores e máquinas, além de proporcionar armazenamento eficiente de materiais, prevenindo desperdícios.
- Segurança do trabalho: Investir em medidas de segurança reduz prejuízos com acidentes, afastamento de funcionários e atrasos nas obras.
- Planejamento e controle de obras: Obras bem planejadas evitam problemas como falta ou desperdício de materiais, atrasos e erros que comprometem o andamento dos trabalhos.

Considerações sobre os fatores de impacto

É crucial garantir que os colaboradores estejam capacitados para lidar com as novidades tecnológicas e principalmente aquelas que podem afetar a produtividade na construção. Cursos de formação a distância surgem como uma opção flexível para qualificar a mão de obra, permitindo uma administração eficaz do tempo e eliminando a necessidade de deslocamento até instituições de ensino. Essas melhorias beneficiam tanto as empresas quanto os clientes no setor da construção civil.

3.5.1 - Os desafios para a adoção de tecnologias na construção civil

Ainda sobre a pesquisa "Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada", ela revela que o Brasil apresenta o menor nível de maturidade e está atrasado na adoção de tecnologias como Big Data, Inteligência Artificial e modelagem 3D em comparação com outras nações. Conduzido pela Autodesk em parceria com a IDC, o estudo entrevistou 835 profissionais de grandes construtoras em 12 países.

Os resultados apontam que o Japão lidera como o país mais digitalizado na construção, seguido por Alemanha e Estados Unidos. Apesar disso, a Europa e as Américas superam a região Ásia-Pacífico em inovação na construção civil.

Embora o Brasil esteja atrás na adoção dessas tecnologias, está se aproximando dos padrões internacionais na construção e lidera em investimentos em softwares baseados em

BIM, com uma taxa de adoção de 53%. O país tem aumentado sua implementação de parcerias público-privadas, pressionando para tornar obrigatório o uso do BIM até 2021.

A pesquisa identifica cinco "bloqueios digitais" enfrentados pelas empresas do setor, incluindo a necessidade de um plano estratégico unificado e a construção de uma arquitetura tecnológica escalável.

De acordo com os resultados da pesquisa, Para 46% das empresas que trabalham para digitalizar o setor, o maior entrave é criar um plano único que seja eficaz para priorizar a implementação dos investimentos em tecnologias. Isso é seguido pela adoção de uma arquitetura tecnológica que permita projetar com escala (42%); estabelecimento de KPIs e métricas para medir o sucesso digital (37%); exploração da expertise em tecnologia (36%) e incorporação de fluxos de trabalho digitais em toda a empresa (29%).

Figura 11: Principais desafios para adoção de tecnologias.

	Challenges	Current Software Investments	Planned Software Investments	Innovative Tech Investments
1	Effectively managing risk	Enterprise resource planning	Project management	Predictive analytics/big data
2	Data security	BIM-based workflows	Client relationship management	Internet of Things
3	Manual processes and time-consuming double entries	Client relationship management	BIM-based workflows	3D printing

Fonte: (AUTODESK, 2020)

A pesquisa foi feita em um âmbito mundial, mas há um trecho destacando os desafios específicos no Brasil:

“O crescimento da indústria da construção civil no Brasil é liderado por parcerias público-privadas. Há uma diminuição do financiamento para projetos de infraestrutura, mas alterações nos regulatórios foram introduzidas para atrair investimentos do setor privado. Sobre adoção de tecnologias, o Brasil fica atrás no uso de recursos mais recentes, principalmente big data, inteligência artificial e modelagem 3D, mas há um movimento em direção às normas internacionais de construção. A adoção do BIM (Modelo da Informação da Construção) será obrigatória até 2021.”

O custo da inovação na construção civil age como um entrave e muitas vezes molda uma série de percepções e desafios. Alguns motivos pelos quais algumas pessoas consideram a inovação como um obstáculo financeiro incluem:

- A incorporação da Tecnologia da Informação (TI) nas empresas de construção apresenta particularidades distintas em comparação com outros setores industriais. Na utilização de ferramentas CAD específicas, não se demanda uma precisão significativa, tanto em relação às medidas quanto aos detalhes de apresentação dos



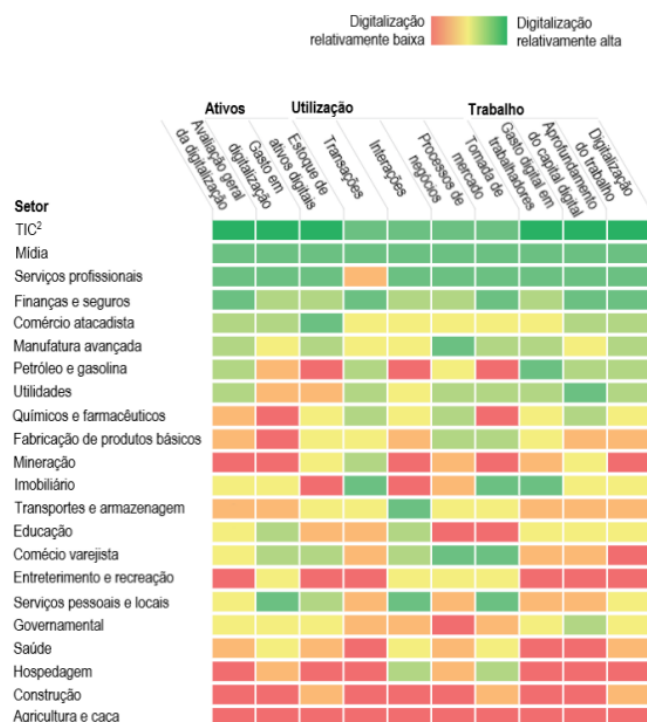
artefatos. Tecnologias CAM-CNC não são empregadas, uma vez que os artefatos são fabricados manualmente.

- Os profissionais recrutados para o setor têm perfis distintos em comparação com outras indústrias, com requisitos menos rigorosos. Não há um processo de validação dos produtos projetados com software de AEC, sendo a verificação muitas vezes realizada e corrigida pela mão de obra operacional.
- A metodologia de trabalho com TI nas diversas empresas do setor apresenta disparidades significativas, resultando em diferentes abordagens entre profissionais de uma empresa para outra. A diversidade de ferramentas utilizadas por diferentes profissionais não apresenta uma hegemonia clara, exceto pela ferramenta CAD genérica, que, quando bem empregada, é customizada para adquirir características distintas. No entanto, a maioria dos profissionais subutiliza essa ferramenta.

De acordo com o artigo "Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil", o emprego da Tecnologia da Informação (TI) nas empresas de construção enfrenta desafios específicos que divergem de outros setores industriais. Diversos obstáculos impactam desde a formação dos profissionais até a resistência cultural e a falta de uma visão estratégica para a aplicação da TI. Abaixo, são apresentadas algumas das barreiras identificadas no referido artigo, evidenciando a complexidade desse cenário.

- Os profissionais são conduzidos por gerentes e administradores com formação técnica, mas que frequentemente não possuem habilidades em TI, devido à pouca ou nenhuma experiência com sistemas CAD ou outros softwares. Embora essa situação esteja gradualmente mudando, muitos desses profissionais ainda possuem conhecimento operacional insuficiente para suas funções. Até os jovens engenheiros e arquitetos recém-formados enfrentam limitações nesse contexto.
- Não há uma visão clara do uso estratégico da TI pelos profissionais do setor, e os cursos de formação não preveem a capacitação em um nível estratégico ou de avaliação das ferramentas disponíveis. Os profissionais enfrentam dificuldades em avaliar ou diferenciar as ferramentas de TI no mercado.
- Os profissionais estão habituados ao uso de ferramentas para monousuários (ilhas de automação) e enfrentam dificuldades em utilizar ferramentas em rede e compartilhadas. Até recentemente, em muitos lugares do Brasil, a utilização de ferramentas informatizadas não era abordada nos cursos de formação.
- Os profissionais do setor são resistentes a inovações, inclusive no âmbito da TI. A resistência se estende a diversas áreas, e a TI não é uma exceção.
- Os profissionais enfrentam desafios para trabalhar colaborativamente por meio da TI, devido à diversidade no porte das empresas, que não permite que todos os intervenientes tenham estruturas para suportar a colaboração, seja em termos de estrutura física ou de pessoal.
- A mão de obra básica que atua nos canteiros é majoritariamente analfabeta ou semi-analfabeta, o que inviabiliza grandes oportunidades de utilização da TI nos canteiros, como robótica, PDAs, ferramentas de comunicação avançada, realidade virtual, entre outras.

Figura 12: Níveis de digitalização por setores



Fonte: AGARWAL, CHANDRASEKARAN e SRIDHAR, 2016

Segundo o artigo publicado pelo portal LetsBuild em 2023, a indústria da construção enfrenta desafios significativos na adoção de tecnologias. O principal obstáculo reside na fragmentação e complexidade inerentes a esse setor. Em um projeto típico, diversas partes, especialistas, processos e ferramentas diferentes estão envolvidos, o que dificulta a centralização e integração de sistemas e processos.

Uma pesquisa de 2023 revelou que apenas 30% dos trabalhadores mais experientes na indústria da construção expressam apoio à necessidade de transformação digital.

Considerações sobre os desafios para a adoção de tecnologias na construção civil

A dependência contínua de processos manuais e sistemas baseados em papel é outro ponto crucial. A transição para a digitalização completa desses processos pode ser dispendiosa. Apesar de processos baseados em papel serem demorados e propensos a erros, algumas empresas ainda os consideram familiares e gerenciáveis em comparação com as novas soluções tecnológicas.

Além disso, a resistência à mudança se apresenta como um desafio significativo. Muitos profissionais na indústria não têm familiaridade com tecnologias modernas e demonstram resistência a abandonar métodos tradicionais.

3.5.2 - Caminhos para a digitalização da construção civil

O artigo publicado pelo portal LetsBuild aponta que superar os obstáculos na adoção de tecnologias é crucial para colher os benefícios máximos da inovação na construção civil. Diversas estratégias podem ser empregadas pelas empresas para facilitar esse processo:

- **Investimento em Treinamento:**
De acordo com a publicação, uma etapa fundamental consiste em investir em treinamento. A transição dos trabalhadores para métodos de trabalho inovadores requer paciência e tempo. O suporte a esse processo pode ser fornecido por meio de treinamentos contínuos e disponibilização de recursos, introduzindo os trabalhadores a métodos mais avançados e simplificados para a conclusão de tarefas.
- **Colaboração entre *Stakeholders*:**
Para promover a adoção, é aconselhável envolver todos os stakeholders, incluindo funcionários, clientes, fornecedores e parceiros, no planejamento, teste e implementação de novas tecnologias. A colaboração efetiva entre todas as partes interessadas é essencial para o sucesso da implementação.
- **Incentivo à Adoção Tecnológica:**
Incentivar a adoção tecnológica é uma estratégia eficaz. Oferecer incentivos, como benefícios financeiros, descontos, ingressos para eventos e oportunidades de desenvolvimento pessoal, pode motivar os stakeholders a experimentarem novas soluções. Esses estímulos ajudam a criar um ambiente propício à inovação.

Segundo o artigo "*Three Keys to Technology Adoption in the Construction Industry*" de Jessica Lombardo (2015), o planejamento estratégico para a integração da tecnologia desempenha um papel crucial no sucesso da implementação de inovações na construção civil. O processo de incorporação de novas tecnologias pode ser otimizado ao seguir algumas diretrizes essenciais:

- **Identificação de Ineficiências:**
O primeiro passo é identificar as ineficiências existentes no sistema. Essas deficiências podem ser os principais obstáculos para a produtividade. Uma análise aprofundada revela os gargalos e desafios que a tecnologia pode resolver.
- **Elaboração da Estratégia de Implementação:**
Ao identificar as ineficiências, a tentação de adotar tecnologia de forma abrangente pode ser forte. No entanto, é crucial não ceder à pressão, mantendo uma implementação cuidadosa. Introduzir vários programas simultaneamente pode prejudicar o comprometimento, e a falta de um programa abrangente pode levar ao fracasso do processo. A estratégia deve começar criando uma plataforma que aborda os desafios mais cruciais enfrentados pelas empresas de construção. A implementação posterior de recursos deve ser escalonada, construindo continuamente para permitir inovações contínuas no campo ou escritório.
- **Abordagem Gradual à Tecnologia:**
É essencial entender que a tecnologia não precisa ser uma solução tudo ou nada. Muitas plataformas permitem uma abordagem em camadas, possibilitando que o usuário final comece a operar rapidamente. As melhores empresas de tecnologia desenvolvem planos que começam com a criação de uma plataforma que aborda os desafios mais problemáticos enfrentados pelas empresas de construção. A



implementação escalonada de recursos permite inovações contínuas ao longo do tempo.

- **Identificação de Deficiências Existentes:**
Empresas que implementam com sucesso a tecnologia começam por identificar as deficiências mais significativas em seu sistema atual e o que não está funcionando em sua abordagem atual. Esse diagnóstico detalhado é fundamental para uma implementação eficaz.
- **Implementação em Etapas:**
A introdução gradual de novas tecnologias ao longo de três a nove meses é um método eficaz. Essa abordagem em etapas permite que a equipe se ajuste progressivamente e se comprometa com as mudanças, garantindo uma transição suave e bem-sucedida.

O Decreto 10.306/2020, também conhecido como Decreto BIM 2020, estipula a incorporação do Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção) nas atividades de obras e serviços de engenharia executados diretamente ou indiretamente por órgãos e entidades da administração pública federal.

De acordo com André Quinderé, 2021, o principal objetivo dessa medida é fomentar o progresso no setor da construção civil, simultaneamente promovendo eficiência nas aquisições governamentais e transparência nos procedimentos licitatórios. O Decreto BIM 2020 ainda especifica os órgãos responsáveis pela promoção da estratégia, sendo eles vinculados a diferentes ministérios:

- Ministério da Defesa;
- Exército, Marinha;
- Aeronáutica;
- Ministério da Infraestrutura;
- Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC);
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT);

Considerações sobre os caminhos para a digitalização da construção civil

Esses órgãos podem desempenhar um papel fundamental como pilotos na estratégia de ampliar a disseminação e implementação da plataforma BIM. A intenção é que, gradualmente, sua utilização se expanda para outros órgãos, independentemente da obrigatoriedade inicial estabelecida.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que esta revisão bibliográfica se desdobrou, ficou clara a necessidade de inovação, em qualquer âmbito, para o cenário da construção civil global. Os resultados obtidos de diversas fontes consultadas apontam para uma realidade inegável: a tecnologia não é apenas um facilitador, mas um verdadeiro agente de transformação capaz de revolucionar cada faceta do ciclo construtivo.

O potencial da Tecnologia da Informação no mercado da construção é vasto, especialmente analisando as peculiaridades do setor, que demanda intensivamente o uso de informações, e a urgência de superar as atuais deficiências na comunicação e produtividade. No entanto, diversas barreiras têm impedido a adoção generalizada dessas tecnologias na construção.

Quanto aos profissionais do setor, as barreiras estão relacionadas à formação e aos aspectos culturais, refletindo nas metodologias de gestão e na falta de padronização na comunicação. Ademais, práticas consolidadas representam um desafio adicional aos processos na área.

As características do setor, como sua extensa dimensão, fragmentação e variedade, também contribuem para dificultar a integração eficiente de novas tecnologias. Além disso, limitações inerentes à própria tecnologia, a exemplo do custo, questões de segurança e acessibilidade, influenciam nas hesitações em sua adoção.

Em contrapartida, os gestores do ramo frequentemente não alinham a estratégia de negócios das empresas com a implementação das tecnologias de informação, deixando evidente uma desconexão entre as aspirações tecnológicas e as metas organizacionais.

Uma perspectiva a longo prazo para superar os desafios no uso de TI pelas empresas da Construção Civil envolve a revisão da estrutura curricular nas universidades. Destaca-se a necessidade de fornecer uma formação mais abrangente e prática em um mundo cada vez mais digital para os futuros profissionais, permitindo uma visão mais integrada dessas ferramentas em seu campo de atuação.

Apesar das diversas barreiras apontadas, é possível antever que a incorporação efetiva de novas tecnologias na indústria da construção seria extremamente benéfica. Assim, persistir nos esforços para superar esses obstáculos é um objetivo valioso, com o potencial de transformar positivamente o setor.



REFERÊNCIAS

FRANCKLIN, Ivan. **CIÊNCIA ET. PRAXIS. Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil.** Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2078/1072>, acesso em 11 de novembro de 2023.

MCKINSEY, 2021. **Estudo mostra que crescimento na construção civil depende de mais produtividade e recurso à tecnologia.** Disponível em: <https://grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/estudo-mostra-que-crescimento-na-construcao-civil-depende-de-mais-produtividade-e-recurso-a-tecnologia#:~:text=A%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil%20%C3%A9%20a.ano%20nas%20%C3%BAltimas%20duas%20%C3%A9cdas>, acesso em 04 de outubro de 2023.

TOMASI, Antônio P. N. **A modernização da Construção Civil e os impactos sobre a formação do engenheiro no contexto atual de mudanças,** Belo Horizonte, Julho de 2005. Disponível em: <https://www.periodicos.cefetmg.br/index.php/revista-et/article/viewFile/78/80>, acesso em 08 de outubro de 2023.

SINDUSCON, Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo. **Produtividade brasileira na construção ficou abaixo da média mundial na última década.** Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/produtividade-brasileira-na-construcao-ficou-abaixo-da-media-mundial-na-ultima-decada/>, acesso em 08 de outubro de 2023.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019. **Construção civil e tecnologia: aumentando a produtividade no trabalho.** Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/use-a-tecnologia-para-aumentar-a-produtividade-na-construcao-civil,bc7e424bf57bf410VgnVCM1000004c00210aRCRD>.

MCKINSEY, 2023. **Construction's digital revolution.** Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/sustainable-inclusive-growth/chart-of-the-day/constructions-digital-revolution>. Acesso em 04 de outubro de 2023.

LIMA, Tomás. SIENGE. **Indústria 4.0 na Construção Civil – O que você precisa saber.** Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/industria-4-0-na-construcao-civil/>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

GOMES, Fabio. FGV EAESP - A Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 2019. **As causas do baixo investimento em tecnologias digitais e suas consequências para vantagem competitiva no setor de incorporação imobiliária do Brasil.** Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/producao-intelectual/causas-baixo-investimento-tecnologias-digitais-e-suas-consequencias-para>



VIANA et al., FGV EAESP - A Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 2023. **Construção: produtividade e modernização.** Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-productividade-e-modernizacao>.

ECONOMICA. CIBIC, 2022. **Panorama Geral da Construção Civil no Brasil.** Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2022/11/panorama-construcao-nov-2022-3.pdf>

LIMA, Tomás. SIENGE, 2022. **Inovação: Entenda o que é uma construtech.** Disponível em:

<https://www.sienge.com.br/blog/o-que-e-uma-construtech/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20uma%20construtech%3F,pouco%20maiores%20que%20as%20demais>, acesso em 28 de setembro de 2023.

CÔRREA, Dulce el al., BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil.** Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4522/1/BS%2031_Perspectivas%20e%20desafios%20para%20inovar%20na%20constru%c3%a7%c3%a3o%20civil_P.pdf. Acesso em 07 de outubro de 2023.