

# **Transformação da engenharia civil através da inteligência artificial: Um novo horizonte de inovação**

Tharik Henrique Getens De Oliveira

**Resumo:** Este artigo explora a interconexão entre a Engenharia Civil e a IA examinando como essas duas áreas convergem para redefinir os padrões de excelência na indústria da construção. Investigaremos as aplicações práticas da IA em cada fase do ciclo de vida de um projeto, desde a concepção inicial até a operação contínua das estruturas. Além disso, serão discutidos os benefícios e desafios inerentes à adoção da IA na Engenharia Civil, bem como considerações éticas e futuras perspectivas dessa colaboração.

**Palavra-chave:** IA; engenharia; inteligência artificial; indústria 4.0

**Abstract:** This article explores the interconnection between Civil Engineering and AI by examining how these two areas converge to redefine excellence standards in the construction industry. We will investigate the practical applications of AI in each phase of a project's lifecycle, from initial conception to the ongoing operation of structures. Additionally, we will discuss the benefits and challenges inherent in adopting AI in Civil Engineering, as well as ethical considerations and future prospects of this collaboration.

**Keyword:** AI; engineering; artificial intelligence; Industry 4.0

## **INTRODUÇÃO**

A interseção entre a Engenharia Civil e a Inteligência Artificial (IA) tem gerado um cenário de transformação significativa em diversas áreas da indústria. A Engenharia Civil, responsável por moldar o ambiente construído que nos cerca, está passando por uma revolução impulsionada pelo avanço da IA e suas aplicações. À medida que a tecnologia se infiltra nas operações tradicionais da engenharia, desde o projeto e planejamento até a construção e manutenção, emerge um novo horizonte de possibilidades e inovações.

Elson Eduardo de Oliveira Paulo, Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG, Várzea Grande-MT, 2018), Especialista em planejamento, gerenciamento e controle de obras pela CEGESP (Cuiabá-MT, 2019), Especialista em metodologia e didática do ensino pela União das Faculdades de Mato Grosso (UNIFAMA, Guarantã do Norte-MT, 2019), Técnico em transações imobiliárias pelo Centro de Tecnologia e de Educação Profissional (CETEPS, Sinop-MT, 2020) e Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG, Várzea Grande-MT, 2023). Atualmente docente do ensino superior na União das Faculdades de Mato Grosso em Guarantã do Norte – MT, Rua Jequitiba, nº 40, Jardim Aeroporto. Cep.: 78520-000. E-mail: elsoneduardo37@gmail.com. Novembro de 2023.

A IA, que engloba disciplinas como aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural e visão computacional, possui a capacidade de processar e analisar vastas quantidades de dados em tempo hábil, identificando padrões complexos e tomando decisões baseadas em informações precisas. Nesse contexto, a Engenharia Civil encontra na IA uma parceira promissora para otimizar processos, aprimorar a eficiência e resolver desafios complexos que há muito tempo intrigam os profissionais do setor.

À medida que a Engenharia Civil abraça a era da IA, é importante compreender como essa junção está remodelando processos convencionais e gerando soluções que transcendem as limitações anteriores. A jornada de transformação está apenas começando, e seu potencial para elevar a eficiência, a sustentabilidade e a inovação na indústria da construção é simplesmente revolucionário.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **1. Improdutividade na construção civil**

Ser engenheiro é uma profissão desafiadora e repleta de dificuldades, e a questão da improdutividade é uma delas. Existem diversos fatores que podem contribuir para a baixa produtividade de um engenheiro, seja por questões internas ou externas.

Uma das dificuldades enfrentadas por esses profissionais é a complexidade dos projetos em que estão envolvidos. Muitas vezes, as demandas são altamente tecnológicas e exigem uma atenção minuciosa em cada etapa do processo. Isso inclui desde a concepção do projeto até a execução e entrega final. O volume de informações e detalhes a serem considerados pode levar a um aumento do tempo gasto para cumprir todas as etapas, o que impacta diretamente na produtividade.

Ao se considerar a complexa interatividade existente entre os projetos complementares e o arquitetônico, torna-se impossível imaginar a solução da criação dos projetos sem utilização de uma tecnologia que seja integrada, pois a modificação promovida pelos projetos complementares, obrigatoriamente deve repercutir nos demais projetos, ação que é facilmente realizada por projetos com base em tecnologia de modelagem BIM (JACOSKI, S. F, 2015).

Além disso, as constantes mudanças tecnológicas e regulamentações são desafios enfrentados pelos engenheiros. Para manter-se atualizado e acompanhar as inovações do mercado, é necessário investir tempo em aprendizado contínuo e participar de cursos, workshops e eventos. Essa busca por conhecimento pode ser prazerosa, mas também consome tempo e pode resultar em perda de produtividade em outras áreas.

A implantação de cursos de treinamento nas empresas, em conjunto com a divisão da responsabilidade pela educação com o governo, foi um dos artifícios mais citados para melhoria da qualificação dos operários. Entretanto, ainda é considerado bem preocupante o percentual de empregadores que acham que não fazer nada ou simplesmente exigir do operário sem uma contrapartida pode ser uma solução (Villar, 2004).

Outro fator que afeta a produtividade é a falta de recursos adequados para desenvolver determinados projetos. Dependendo da área de atuação, os engenheiros podem precisar de máquinas e equipamentos específicos, software atualizado, ferramentas de simulação, entre outros. A ausência ou indisponibilidade desses recursos pode levar a atrasos e comprometer a produtividade do profissional.

Adicionalmente, a falta de planejamento pode ser um grande obstáculo para a produtividade de um engenheiro. Muitas vezes, há prazos a serem cumpridos e metas a serem alcançadas, e a falta de organização pode resultar em atrasos e perda de produtividade. É importante criar uma rotina de trabalho eficiente, que priorize as tarefas mais urgentes e estabeleça um cronograma realista.

Outra dificuldade que pode comprometer a produtividade do engenheiro é a falta de motivação. Trabalhar em projetos complexos e enfrentar inúmeros desafios diariamente pode desgastar emocionalmente o profissional. Quando não há um propósito claro ou reconhecimento pelo trabalho desempenhado, é natural que a motivação diminua. Isso impacta diretamente na produtividade e pode prejudicar o rendimento do engenheiro.

Resumindo, ser um engenheiro é uma profissão desafiadora, e a improdutividade pode ser uma das dificuldades enfrentadas. Desde a complexidade dos projetos até a falta de recursos e a motivação, é importante que esses profissionais estejam conscientes desses obstáculos e busquem maneiras de superá-los, seja através de um melhor planejamento, busca pelo conhecimento e até mesmo o estabelecimento de metas claras e motivadoras.

## **1.1 Sistema BIM**

O Sistema BIM (Building Information Modeling), iniciado na década de 1970, teve seus primeiros passos dados quando os profissionais da indústria da construção começaram a perceber a necessidade de melhorar a comunicação e colaboração entre os diversos setores envolvidos em um projeto.

Até então, os documentos relacionados à construção eram criados de forma isolada, com cada profissional trabalhando em seu próprio software e depois compartilhando os

arquivos com os demais envolvidos. Essa abordagem fragmentada resultava em dificuldade de coordenação, conflitos entre as diferentes disciplinas e retrabalho constante.

O objetivo do BIM era criar um sistema integrado que unisse todas as informações relacionadas a um projeto de construção em um único modelo virtual. Dessa forma, cada profissional contribuiria com seu conhecimento e expertise, em tempo real, evitando erros e conflitos.

Nos anos 1980 e 1990, começaram a surgir os primeiros softwares que permitiam a criação de modelos tridimensionais para a construção. Esses sistemas permitiam a visualização do projeto de forma mais realista e facilitavam a detecção de possíveis problemas, como incompatibilidades entre os elementos do projeto.

No início dos anos 2000, o conceito de BIM começou a ganhar mais força e foi adotado por vários países ao redor do mundo. Nos Estados Unidos, o governo federal começou a exigir o uso de BIM em projetos públicos, o que impulsionou ainda mais sua adoção.

Na última década, o BIM evoluiu consideravelmente. Os softwares se tornaram mais sofisticados, permitindo a inclusão de informações detalhadas sobre cada elemento do projeto, como dimensões, materiais, custos, prazos, entre outros. Além disso, o uso de nuvem e a colaboração em tempo real se tornaram comuns, permitindo que equipes em diferentes localidades trabalhem no mesmo projeto simultaneamente.

Atualmente, o BIM é amplamente utilizado na indústria da construção em todo o mundo. O sistema se provou extremamente eficiente na redução de erros, melhorando a coordenação entre os diferentes setores envolvidos e facilitando o monitoramento e controle dos projetos. Além disso, a modelagem 4D e 5D estão sendo incorporadas, que adicionam a dimensão temporal e de custos ao modelo tridimensional.

O futuro do BIM promete ainda mais avanços e inovações. O uso da inteligência artificial e da realidade virtual na visualização e análise dos projetos são algumas das tendências que estão ganhando força. Além disso, com a crescente preocupação com sustentabilidade e eficiência energética, o BIM está sendo utilizado para auxiliar na tomada de decisões relacionadas a esses aspectos.

Em suma, o Sistema BIM revolucionou a indústria da construção ao permitir uma abordagem integrada e colaborativa no processo de planejamento, projeto e construção. Desde seu início até os dias de hoje, evoluiu significativamente, trazendo diversos benefícios para todos os envolvidos em um projeto de construção. Hoje, o BIM é

amplamente utilizado na arquitetura, engenharia e construção, bem como em operações e manutenção de edifícios. Ele continua a evoluir com a introdução de padrões e protocolos para a troca de informações BIM entre diferentes partes interessadas em projetos de construção. O BIM se tornou uma parte essencial da transformação digital da indústria da construção, melhorando a eficiência e a qualidade dos projetos de construção.

Tabela 01: Relação dos softwares utilizados nas pesquisas aderentes e incidência de uso (%)

ATIVIDADE	SOFTWARE	% DE USO
MODELAGEM 3D	REVIT	50%
	ARCHICAD	17%
	MD CAD	11%
	AUTOCAD 3D	11%
	VPA (virtual prototype analysis)	6%
SIMULAÇÕES E INTEGRAÇÃO	NAVISWORKS	62,50%
	SIMPHONY	6,25%
	VISPMIS	6,25%
	4D-GCPSU	6,25%
	STROBOSCOPE	6,25%
	SITESIM-EDITOR	6,25%
	SIMULATION TOOLKIT SHIPBUILDING	6,25%
PLANEJAMENTO	MSPROJECT	60%
	EXCEL	25%
	ALGORÍTMOS GENÉTICOS	10%
	ASTA POWER PROJECT	5%
CONTROLE	BIM 360	20%
	ICONSTRUCT	20%
	CONBIM	20%
	4D-GCPSU	20%
	SIEMENS PLM	20%

Fonte: SILVA, Paula Heloisa da; CRIPPA, Julianna; SCHEER, Sergio. BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades.

Segundo Eastman 2014 a utilização do Building Information Modeling (BIM) na engenharia oferece uma série de vantagens significativas, mas também apresenta desafios e desvantagens que os profissionais devem considerar. Aqui estão algumas das principais vantagens e desvantagens:

### **Vantagens da utilização do BIM na engenharia:**

- **Melhor Visualização e Compreensão:** Modelos 3D detalhados facilitam a visualização e compreensão do projeto, tornando mais fácil para todas as partes interessadas, incluindo clientes e membros da equipe, entender o projeto.
- **Colaboração Aprimorada:** BIM promove a colaboração entre diferentes disciplinas (arquitetura, engenharia, construção, etc.) ao permitir que todas as partes trabalhem no mesmo modelo. Isso ajuda a evitar conflitos de projeto e a melhorar a coordenação.
- **Deteção Antecipada de Conflitos:** BIM permite a detecção antecipada de conflitos e erros de projeto, economizando tempo e dinheiro durante a fase de construção.
- **Redução de Erros e Alterações:** Com informações detalhadas e precisas, os erros de projeto são reduzidos, o que evita alterações dispendiosas no canteiro de obras.
- **Simulação e Análise:** BIM permite simulações avançadas, como simulações de fluxo de vento, análise de iluminação e análise de energia, que podem levar a projetos mais eficientes e sustentáveis.
- **Gerenciamento de Ativos:** O BIM não se limita apenas ao design e construção; também pode ser usado para o gerenciamento de ativos ao longo do ciclo de vida do edifício, auxiliando na manutenção e operações.
- **Documentação Automática:** O BIM gera automaticamente documentação de construção, incluindo desenhos 2D e listas de materiais, economizando tempo e reduzindo erros.

### **Desvantagens da utilização do BIM na engenharia:**

- **Custo Inicial Elevado:** A implementação do BIM requer investimento em hardware, software e treinamento, o que pode ser oneroso para algumas empresas.
- **Curva de Aprendizado:** A transição para o BIM pode ser desafiadora, pois os profissionais precisam aprender a utilizar o software e a adotar novas práticas de trabalho.
- **Padronização:** A interoperabilidade entre diferentes softwares BIM e a necessidade de padrões de modelagem podem ser desafios, especialmente em projetos que envolvem várias partes interessadas.

- **Requisitos de Hardware e Software:** A utilização eficaz do BIM exige hardware e software adequados, o que pode ser um obstáculo para algumas empresas.
- **Dependência de Dados Precisos:** A precisão dos dados no modelo BIM é fundamental. Se os dados de entrada forem imprecisos, os benefícios do BIM podem ser prejudicados.
- **Privacidade e Segurança de Dados:** A segurança e a privacidade dos dados armazenados em modelos BIM são preocupações, especialmente em projetos que envolvem informações confidenciais ou regulamentadas.

Em resumo, o BIM oferece muitas vantagens significativas na engenharia, melhorando a eficiência, a qualidade e a colaboração em projetos de construção. No entanto, a implementação bem-sucedida do BIM requer investimentos e esforços consideráveis, e os profissionais devem estar cientes dos desafios associados, como a curva de aprendizado e os requisitos de padronização e precisão de dados.

## **2. Mercado conservador**

O impacto do conservadorismo na engenharia civil é um tema relevante, pois a abordagem tradicional e cautelosa muitas vezes molda a maneira como os projetos são concebidos, desenvolvidos e implementados nessa área. Pode-se explorar como o conservadorismo pode influenciar a engenharia civil de várias maneiras.

Primeiramente, o conservadorismo pode se manifestar na preferência por métodos e técnicas de construção comprovados e testados ao longo do tempo. Embora isso possa garantir a segurança e a durabilidade das estruturas, também pode limitar a adoção de novas tecnologias e abordagens inovadoras que poderiam resultar em construções mais eficientes e sustentáveis.

Além disso, em um contexto conservador, é comum que as regulamentações de construção sejam rígidas e sigam padrões estabelecidos há muito tempo. Isso pode dificultar a implementação de práticas mais modernas e sustentáveis, bem como a incorporação de materiais de construção inovadores que atendam aos requisitos ambientais e de eficiência energética.

Os sistemas construtivos em uso no país são antigos, datam, em sua maioria, das décadas de 60 e 70, mantendo a construção civil entre os setores que mais consomem recursos, geram resíduos e não têm ganhos na produtividade. E já existem inúmeras alternativas disponíveis no mercado. É preciso vencer a

resistência, mudar a forma como construímos, melhorar as tecnologias e assim obter mais eficiência (Camila Lourencini, revista GC - Ed.75 - Nov/Dez 2016).

Em relação à gestão de projetos, o conservadorismo pode levar a uma abordagem mais avessa ao risco, resultando em cronogramas mais longos e custos mais altos para evitar possíveis contratemplos. Embora seja importante garantir a segurança e a qualidade das construções, um excesso de cautela pode prejudicar a eficiência e a competitividade dos projetos.

Segundo Prado (2000), a boa prática de gerenciamento de projetos produz resultados expressivos para as organizações como redução no custo e prazo de desenvolvimento de 24 novos produtos, aumento no tempo de vida dos novos produtos, aumento de vendas e receita, aumento do número de clientes e de sua satisfação e aumento da chance de sucesso nos projetos.

Outro aspecto a considerar é a resistência à implementação de práticas de construção sustentável em mercados conservadores. Essas práticas podem incluir o uso de materiais ecológicos, a incorporação de energia renovável e a otimização do consumo de recursos naturais. Em ambientes conservadores, a adoção dessas práticas pode ser mais lenta, o que atrasa a transição para construções mais sustentáveis.

A diversidade e inclusão também são áreas que podem ser afetadas pelo conservadorismo na engenharia civil. Ambientes conservadores podem ter uma representação limitada de mulheres e minorias em cargos de engenharia, o que pode resultar em uma falta de diversidade de perspectivas e ideias inovadoras.

Cristina Bruschini (1999; 2000; 2007) realizou pesquisas sobre as ocupações profissionais femininas que possuem algum prestígio na nossa sociedade, tais como engenharia, direito, arquitetura e medicina. Em sua pesquisa realizada com dados da RAIS entre os anos de 1993 a 2004, a autora aponta um crescente aumento no campo de trabalho feminino no Brasil, dados esses que continuam crescendo segundo dados recentes do Ministério do Trabalho (2011). Na Cristina Bruschini 1999, Magistratura por exemplo, as mulheres ocupavam 22,5% dos postos de trabalho, em 1993 e em 2004 este índice chega a 34%. Na arquitetura elas ocupavam, em 2004, 54% de mão de obra feminina, ou seja, nestas categorias percebe-se um aumento significativo das mulheres no mercado de trabalho, entretanto, no caso das engenheiras, as mulheres ocupavam 12% dos cargos disponíveis em 1993 e esse índice cresceu apenas para 14% em 2004. Se comparada a outras ocupações, a carreira da 142 engenharia é a que menos cresce em termos de mão de obra feminina, indicando o quanto esse universo é pouco permeável às tendências de feminilização do trabalho.

No entanto, é importante destacar que o conservadorismo não é necessariamente uma barreira intransponível para a inovação na engenharia civil. À medida que a conscientização sobre questões ambientais e a necessidade de eficiência crescem, mesmo os setores mais conservadores estão começando a adotar práticas mais sustentáveis e tecnologias modernas.

Em resumo, o impacto do conservadorismo na engenharia civil pode ser sentido em diversas áreas, desde a seleção de métodos de construção até a gestão de projetos e a incorporação de práticas sustentáveis. No entanto, à medida que a sociedade evolui e as demandas mudam, espera-se que a engenharia civil também se adapte, encontrando um equilíbrio entre a tradição e a inovação para construir um futuro mais seguro e sustentável.

### 3. Déficit habitacional elevado

Tabela 2: Taxas de variação do total absoluto de domicílios com déficit habitacional reponderado – Brasil, Centro-Oeste – 2016-2019

Especificação	Domicílios com déficit habitacional reponderado			
	2016	2017	2018	2019
<b>Centro-Oeste</b>	<b>503.125</b>	<b>483.724</b>	<b>483.042</b>	<b>483.270</b>
Mato Grosso do Sul	77.950	70.794	67.317	74.070
Mato Grosso	118.744	125.252	112.303	103.030
<i>RM Vale do Rio</i>				
<i>Cuiabá</i>	32.999	37.758	29.563	32.436
Goiás	206.515	190.510	200.989	213.573
<i>RM Goiânia</i>	72.764	68.557	80.640	69.966
Distrito Federal	99.916	97.169	102.432	92.597
<b>Brasil</b>	<b>5.768.482</b>	<b>6.068.566</b>	<b>5.973.218</b>	<b>5.964.993</b>
<i>Total das RMs</i>	2.164.182	2.393.838	2.315.513	2.239.295
Demais áreas	3.604.300	3.674.728	3.657.705	3.725.698

Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC) – 2016-2019; Cadastro Único (CadÚnico) – Data de extração: 15/12/2018 e 14/11/2020.

Analisando a taxa de crescimento geográfico de acordo com o senso do IBGE 2022, os índices crescem ano após ano, principalmente no Mato Grosso no qual a última taxa ficou em 1,57% atrás somente de Roraima com 2,53%, em análise geral do país, ficou com uma taxa de crescimento anual de 0,52% ou seja a necessidade de moradias cresce em ritmo acelerado. O déficit habitacional no Brasil é um problema persistente que afeta muitas famílias em todo o país.

De acordo com Abrão 2022 para estruturar as análises sobre o setor habitacional, o Governo Federal, com o apoio da Fundação João Pinheiro, vem desenvolvendo, desde 1995, uma metodologia capaz de refletir a carência quantitativa e qualitativa por moradias, captando a heterogeneidade e a desigualdade social no país. De maneira a preservar o eixo comparativo da série histórica, as informações têm sido classificadas em 02 (dois) macroindicadores, o déficit habitacional e as inadequações de domicílio.

Esse déficit refere-se à insuficiência de habitações adequadas para atender às necessidades da população, em termos de moradia digna e acessível. Várias razões contribuem para o déficit habitacional no Brasil:

- **Crescimento Populacional:** O crescimento da população, juntamente com a urbanização contínua, resulta em uma demanda crescente por moradias.
- **Desigualdade Econômica:** A desigualdade de renda no Brasil significa que muitas famílias não têm recursos para adquirir moradias adequadas no mercado imobiliário.
- **Falta de Acesso a Crédito Imobiliário:** Muitas famílias não têm acesso a empréstimos e financiamentos para aquisição de moradia, o que limita sua capacidade de comprar uma casa ou um apartamento.
- **Condições Precárias de Moradia:** Muitas famílias vivem em favelas e assentamentos informais com habitações precárias, sem acesso a serviços básicos como água, saneamento e eletricidade.
- **Deficiências na Infraestrutura Urbana:** A falta de infraestrutura adequada, como sistemas de transporte e serviços públicos, torna algumas áreas menos atraentes para investimentos em moradias.
- **Burocracia e Regularização Fundiária:** A burocracia e a falta de regularização fundiária dificultam a aquisição legal de terras e a construção de moradias.

O governo brasileiro tem buscado abordar o déficit habitacional por meio de programas como o "Minha Casa, Minha Vida", que visa proporcionar moradias acessíveis a famílias de baixa renda. No entanto, o déficit habitacional persiste como um desafio complexo e de longo prazo, que requer investimentos significativos em infraestrutura, acesso a crédito e políticas habitacionais eficazes para abordar de maneira abrangente.

Além disso, a questão habitacional está intrinsecamente ligada a outras questões sociais e econômicas, como pobreza, desigualdade e urbanização, o que torna o enfrentamento do déficit habitacional uma tarefa desafiadora.

### **3.1 A relação entre o engenheiro civil e o déficit habitacional**

Compreender a relação entre o engenheiro civil e o déficit habitacional de uma região é de extrema importância, pois esse profissional é fundamental para identificar, planejar e executar soluções para a falta de moradia enfrentada pela população.

Segundo FJP (Fundação João Pinheiro) 1995 o déficit habitacional refere-se à diferença entre a demanda por moradias e a quantidade efetivamente disponível. Esse problema pode ser ocasionado por diversos fatores, como o crescimento populacional rápido e desordenado, a falta de políticas públicas adequadas, a segregação social, entre outros. Diante dessa situação, o engenheiro civil possui um papel crucial na busca por soluções habitacionais eficientes.

Primeiramente, o engenheiro civil é responsável por realizar um estudo minucioso da região afetada pelo déficit habitacional. Esse estudo contempla a análise da demanda habitacional, levando em consideração o número de famílias sem moradia, a renda da população, as características socioeconômicas e as necessidades específicas do local.

Com base nesse levantamento, é possível identificar as melhores estratégias para atender à demanda habitacional. Isso envolve a definição de áreas passíveis de urbanização, a escolha de materiais adequados, a elaboração de projetos arquitetônicos inteligentes, sustentáveis e de baixo custo, a adoção de técnicas construtivas eficientes e a busca por parcerias com órgãos governamentais e empresas privadas.

Além disso, o engenheiro civil também é responsável pelo gerenciamento da construção das moradias. Isso inclui a supervisão das etapas de obra, o controle de qualidade dos materiais utilizados, a garantia da segurança estrutural das edificações e a fiscalização das normas técnicas e leis vigentes. Dessa forma, o profissional assegura que as moradias construídas sejam de boa qualidade, duráveis e seguras para os seus futuros moradores.

De acordo com o CREA-MT (conselho regional de engenharia e agronomia do mato grosso) a Lei Nº 5.194 de 24 de dezembro de 1966 que define as obrigações, responsabilidades, direitos e deveres para o exercício legal da profissão, bem como de seus órgãos fiscalizadores, e dá outras providências.

É importante destacar que a atuação do engenheiro civil vai além da construção de moradias. Esse profissional também pode contribuir para a implementação de políticas públicas de habitação, participando de equipe multidisciplinares, propondo soluções inovadoras, auxiliando na formulação de planos diretores urbanos e estando envolvido em discussões sobre regularização fundiária e desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, a relação entre o engenheiro civil e o déficit habitacional de uma região é de colaboração e parceria. Esse profissional desempenha um papel fundamental na

busca por soluções habitacionais adequadas, contribuindo para reduzir o déficit habitacional e proporcionar condições dignas de moradia para a população.

#### **4. Cidade objeto de pesquisa**

A cidade objeto dessa pesquisa é a cidade de Guarantã do Norte – Mato Grosso, localizada a aproximadamente 708 km da capital Cuiabá, onde se vê um aumento populacional considerável, porém um dos principais problemas que a região se encontra é o baixo índice de imóveis tanto para venda quanto para alugar, onde tal problema impacta diretamente a economia da região, levando em consideração a escassez de lugares para aquisição. A consequência do baixo índice de casas disponível é a valorização dos imóveis em toda a região, levando isso em consideração abre uma janela para o investimento imobiliário na região.

Vários empresários com a perspectiva de empreender e investir no ramo imobiliário e da construção civil na região do vale do Teles Pires, estão fomentando o mercado, assim a construção está a todo vapor na região, considerando isso as empresas tendem a buscar novas inovações visando aumentar o rendimento em obras como agilidade, praticidade e desempenho no geral, sem perder a qualidade. Porém a construção é um dos processos dos quais menos houve mudança desde da era medieval onde se construíam castelos e fortalezas, e isso é mal interpretado por muitas pessoas já que alguns levam ao pé da letra o ditado “time que está ganhando não se muda”, entre tanto tal time já está perdendo esta vantagem.

De acordo com Souza 2023 o segmento da construção civil ainda é uma indústria tradicional, utilizando de métodos arcaicos de execução, e ensinamentos repassados de forma empírica na obra. Com o passar dos anos, notou-se a estagnação do setor quanto a modernização, não somente pensando em maquinário, mas também na atividade humana. Com isso, mostra-se necessário uma melhoria na capacitação dos profissionais de edificações.

A construção civil está avançando em passos curtos para a mudança, porém, na última década isso não se perpetuou, pois, ocorreu algo que chamamos de 4º revolução da indústria e por conta disso muitas empresas estão se adequando a novas tecnologias para acelerar o processo de construção.

## 5. Indústria 4.0

Segundo Bitkom 2016 a Indústria 4.0, também conhecida como Quarta Revolução Industrial, é uma abordagem revolucionária para a fabricação e produção que utiliza tecnologias avançadas para criar fábricas e sistemas de produção altamente eficientes, flexíveis e conectados. Ela representa uma evolução significativa em relação às revoluções industriais anteriores e é impulsionada por várias tecnologias-chave. Aqui estão os principais elementos da Indústria 4.0:

- **Internet das Coisas (IoT):** A IoT envolve a conexão de dispositivos e máquinas à internet para coletar e compartilhar dados em tempo real. Nas fábricas, isso significa que máquinas, equipamentos e produtos podem se comunicar entre si e com sistemas de controle.
- **Big Data e Análise de Dados:** A coleta de dados massivos da IoT é processada por meio de análises avançadas. Isso permite a tomada de decisões baseada em dados e a identificação de tendências e oportunidades de melhoria.
- **Computação em Nuvem:** A computação em nuvem oferece armazenamento e processamento de dados escalável, permitindo o acesso a informações críticas em qualquer lugar e a qualquer momento.
- **Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina:** A IA e o aprendizado de máquina são usados para automatizar tarefas, tomar decisões com base em dados e melhorar processos de produção.
- **Simulação Digital:** A simulação digital permite a criação de modelos virtuais de produtos e processos de produção. Isso ajuda a otimizar projetos e processos antes da produção física.
- **Manufatura Aditiva (Impressão 3D):** A manufatura aditiva permite a produção de peças e produtos personalizados com maior eficiência e flexibilidade.
- **Robótica Avançada:** Robôs autônomos e colaborativos desempenham um papel crucial na automação e otimização de tarefas de produção.
- **Segurança Cibernética:** Com a crescente conectividade, a segurança cibernética se torna fundamental para proteger sistemas industriais contra ameaças e ataques.
- **Realidade Aumentada e Realidade Virtual:** Essas tecnologias são usadas para fornecer informações em tempo real, treinamento e manutenção de equipamentos.
- **Sistemas de Manufatura Flexíveis:** A capacidade de reconfigurar rapidamente a produção para se adaptar a demandas variáveis e a novos produtos é fundamental.

A Indústria 4.0 visa melhorar a eficiência, a qualidade e a flexibilidade da produção, bem como reduzir custos e impactos ambientais. Ela está transformando a forma como as fábricas e as cadeias de suprimentos operam, permitindo maior automação e personalização de produtos. A Indústria 4.0 está sendo adotada em setores que vão desde manufatura tradicional até agricultura e logística, impactando profundamente a economia global.

De acordo com Coelho 2016 o termo “Indústria 4.0”; “smart factory”; “intelegent factory”; “factory of the future” são termos que descrevem uma visão do que será uma fábrica no futuro. Nesta visão as fábricas serão muito mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. Outra definição para “Smart factory” é uma fábrica que faz produtos inteligentes, em equipamentos inteligentes, em cadeias de abastecimento inteligentes.

A Indústria 4.0 é um movimento que envolve uma ampla gama de tecnologias e influenciadores em todo o mundo, tornando difícil identificar uma única pessoa de maior influência. Em vez disso, é mais apropriado considerar que vários líderes, pesquisadores, empresários e acadêmicos têm desempenhado papéis significativos no desenvolvimento e na promoção da Indústria 4.0. Alguns dos influenciadores notáveis incluem:

- Klaus Schwab: Fundador do Fórum Econômico Mundial, ele popularizou o termo "Quarta Revolução Industrial" e tem desempenhado um papel importante na promoção da Indústria 4.0.
- Hermann Simon: Este renomado economista e autor destacou a importância da Indústria 4.0 em seus escritos sobre "Liderança Oculta."
- Elon Musk: Embora mais conhecido por sua liderança em veículos elétricos e exploração espacial, Musk também influenciou a automação e a robótica, que são elementos-chave da Indústria 4.0.
- Masayoshi Son: O fundador da SoftBank, que tem investido fortemente em tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, como robótica e IA.
- Líderes da indústria de tecnologia: CEOs e fundadores de empresas como Apple, Google, Microsoft, Amazon, IBM, Siemens, e outras, têm desempenhado papéis significativos na promoção e desenvolvimento da Indústria 4.0 por meio de inovações tecnológicas.

Quando se trata de referências na aplicação da Indústria 4.0 à engenharia civil, é importante notar que essa é uma área altamente especializada e em evolução. Portanto, não há um único "maior nome de referência" universalmente reconhecido. Em vez disso, há várias figuras notáveis e organizações que se destacam na integração bem-sucedida da Indústria 4.0 na engenharia civil. Alguns nomes que podem ser considerados referências.

Essas tecnologias se estendem por sistemas de projeto, simulação ou modelagem (Pozin et al., 2016; Simão et al. 2019; Aibinu & Papadonikolaki, 2020); uso de sistemas flexíveis (Axelsson et al., 2019); Gerenciamento de Processos (Patrucco et al., 2020); Impressão 3D (Tahmasebinia et al., 2020); integração de tecnologias (You & Feng, 2020); Internet das Coisas (DING et al., 2018); e outras mais tecnologias ligando a construção aos projeto (Osunsanmi et al., 2020), tem sido adotado em alguns canteiros de obras visando a redução do custo, tempo e insumos da construção (Oesterreich & Teuteberg, 2016; Zabidin et al., 2020).

incluem:

- Organizações de Pesquisa e Acadêmicas: Universidades e instituições de pesquisa dedicadas à engenharia civil, como o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), a Universidade de Stanford e o Instituto Fraunhofer, têm desempenhado um papel fundamental na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à construção civil.
- Líderes da Indústria: Grandes empresas de construção e engenharia, como a Vinci, a Skanska e a Bechtel, têm investido em tecnologias da Indústria 4.0 e estão na vanguarda da adoção dessas tecnologias em projetos de engenharia civil.
- Empreendedores e Inovadores: Existem empreendedores e inovadores em todo o mundo que estão liderando o caminho na aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 à engenharia civil. Esses profissionais frequentemente fundam startups e empresas especializadas em soluções de construção inteligente, automação e análise de dados.
- Eventos e Conferências: Conferências e eventos específicos da indústria, como a "Digital Construction Week," oferecem uma plataforma para compartilhar conhecimento e destacar figuras de referência na integração da Indústria 4.0 na engenharia civil.
- Associações e Grupos de Interesse Específicos: Associações e grupos profissionais relacionados à engenharia civil, como o Instituto Americano de Construção e Engenharia (AIA) e a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), podem destacar líderes e figuras de referência.

Um exemplo notável de implementação bem-sucedida de IA na construção civil brasileira é a empresa ConstruCode. A ConstruCode utiliza algoritmos de aprendizado de máquina para analisar dados de projetos anteriores, identificando padrões e fornecendo insights valiosos para futuras construções. Essa abordagem permite uma gestão mais eficiente do tempo e dos recursos, minimizando desperdícios e otimizando o planejamento de projetos.

Além disso, a IA é empregada para monitorar a segurança no canteiro de obras, prever potenciais riscos e melhorar a supervisão do ambiente de trabalho. Sistemas de IA também têm sido utilizados para a manutenção preditiva de equipamentos, contribuindo para reduzir paradas não programadas e aumentar a vida útil dos ativos.

O uso crescente da Inteligência Artificial na construção civil no Brasil reflete a busca por inovação e eficiência no setor, indicando um futuro promissor com avanços significativos na forma como os projetos são concebidos, gerenciados e executados.

## 6. O QUE É A IA?

A inteligência artificial (IA) é um campo da ciência da computação que se concentra no desenvolvimento de máquinas capazes de realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana. Essas máquinas são programadas para aprender, raciocinar, tomar decisões e resolver problemas de forma semelhante aos seres humanos.

O conceito de IA remonta às antigas mitologias e histórias de ficção científica, onde máquinas com inteligência e consciência próprias eram frequentemente retratadas. No entanto, o desenvolvimento prático da IA começou apenas no século XX.

Historicamente, as primeiras noções de IA e robots remontam à Antiguidade Grega, sob a forma de mitos e lendas sobre criaturas mecânicas, “robots inteligentes”, ou seja, máquinas que, supostamente, pensavam. A mitologia grega fala-nos do antigo deus Hefesto, deus do ferro e do fogo, que era conhecido como um inventor genial. Acreditava-se que este deus tinha criado o primeiro robô da história chamado Talos, cuja missão era proteger Creta de qualquer inimigo. Noutras versões, acredita-se até que foi criado pelo próprio Zeus, rei dos deuses do Olimpo. De acordo com estes mitos, Talos foi morto por Medeia porque o seu desejo de imortalidade estava a ficar fora de controlo (Explore Crete, s.d.). Eis, já aqui nesta altura, um cenário que continua a atemorizar a humanidade, ou seja, a ascensão e hegemonia da IA incontrolável, (Meirinhos 2022).

Durante a década de 1950, o termo "inteligência artificial" foi cunhado, e os primeiros programas de IA foram desenvolvidos para resolver problemas matemáticos simples. No entanto, esses programas dependiam de regras e algoritmos específicos e não eram capazes de aprender ou se adaptar a novas situações.

Foi na década de 1980 que a IA começou a fazer avanços significativos. Os pesquisadores exploraram métodos de aprendizado baseados em exemplos e redes neurais artificiais. Essas técnicas permitiram que os sistemas de IA aprendessem a partir de grandes quantidades de dados e reconhecessem padrões complexos.

Nas últimas décadas, o campo da IA tem experimentado um crescimento exponencial. Isso se deve principalmente aos avanços em algoritmos, poder de processamento e armazenamento de dados massivos. Além disso, a disponibilidade de grandes conjuntos de dados e o poder de computação da nuvem têm impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento da IA.

O impacto da IA atravessa uma ampla gama de setores e indústrias. Na medicina, a IA é usada para diagnóstico de doenças, descoberta de medicamentos e planejamento de tratamentos. No setor de transporte, a IA é usada em veículos autônomos para melhorar a segurança e a eficiência. Na indústria, a IA é usada para automatizar processos e melhorar a eficiência produtiva.

O setor de varejo também se beneficia da IA, com sistemas de recomendação personalizados e análises de dados para entender o comportamento do consumidor. Em serviços financeiros, a IA é usada para detecção de fraudes, análise de risco e tomada de decisões de investimento.

No entanto, o rápido avanço da IA também levanta preocupações. Algumas pessoas se preocupam com a substituição de empregos por máquinas inteligentes, enquanto outras se preocupam com questões éticas relacionadas à privacidade e ao uso de dados pessoais. Além disso, a falta de transparência em certos sistemas de IA pode levantar dúvidas sobre a responsabilidade e a justiça dessas máquinas.

Em conclusão, a IA é uma área da ciência da computação que se concentra no desenvolvimento de máquinas capazes de raciocinar, aprender e tomar decisões como seres humanos. Seu surgimento começou há décadas e tem tido um impacto significativo em diversas indústrias. No entanto, desafios éticos e sociais precisam ser considerados para garantir que a IA seja usada de forma responsável e justa.

## **7. APLICAÇÃO DA IA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A inteligência artificial (IA) tem um impacto significativo na indústria da construção civil, proporcionando benefícios e transformando a forma como os projetos são planejados, executados e mantidos. A importância da IA na construção civil pode ser observada em várias áreas, como otimização de projetos, gestão de construção, manutenção preditiva e segurança no local de trabalho.

Um dos principais impactos da IA na construção civil é a otimização de projetos. Com a IA, é possível analisar grandes quantidades de dados, como informações do solo, clima e regulamentações locais, para tomar decisões mais precisas no projeto de construções. Algoritmos de IA também podem ser utilizados para analisar o desempenho de estruturas, identificando pontos de falha e sugerindo melhorias, o que resulta em estruturas mais seguras e eficientes.

A gestão de construção também se beneficia da IA, permitindo o monitoramento em tempo real do progresso do projeto, controle de custos e previsão de cronogramas. Com

a IA, é possível analisar dados de diferentes fontes, como sensores e drones, para identificar problemas em tempo hábil e evitar atrasos ou erros. Além disso, algoritmos de IA podem ajudar na alocação eficiente de recursos, otimizando o trabalho e reduzindo os custos.

Outro impacto significativo da IA na construção civil é a manutenção preditiva. Com a utilização de sensores e dados em tempo real, a IA pode prever falhas ou problemas em estruturas e sistemas, permitindo intervenções proativas para evitar danos ou colapsos. Essa abordagem de manutenção preventiva economiza tempo e dinheiro, prolongando a vida útil das estruturas e evitando reparos emergenciais mais caros.

A segurança no local de trabalho também é uma área em que a IA pode ter um impacto significativo na construção civil. Algoritmos de IA podem analisar dados de segurança, como incidentes anteriores e condições de trabalho, para identificar riscos potenciais e sugerir medidas preventivas. Além disso, a IA pode ser usada para treinar trabalhadores em práticas de segurança e fornecer orientações em tempo real durante a execução das tarefas.

Em resumo, a IA tem um impacto fundamental na construção civil, impulsionando a eficiência, a segurança e a sustentabilidade no setor. A capacidade de analisar grandes quantidades de dados e aprender com experiências anteriores permite uma tomada de decisão mais precisa e eficiente em todas as etapas do projeto. Com a contínua evolução da IA, é esperado que a construção civil continue a se beneficiar cada vez mais dessa tecnologia inovadora.

## **6.1 Aplicação do sistema IA em softwares**

A inteligência artificial está desempenhando um papel cada vez mais importante na engenharia civil, ajudando a otimizar processos, melhorar o planejamento e a tomada de decisões, e muito mais. Aqui está uma lista de alguns programas e aplicativos voltados para engenharia civil que incorporam inteligência artificial:

- Autodesk Generative Design: A Autodesk oferece ferramentas de design generativo que usam IA para explorar várias opções de design e otimizar a eficiência estrutural.
- IBM Maximo: Este software de gerenciamento de ativos usa IA para prever falhas, otimizar a manutenção de infraestrutura e estender a vida útil dos ativos.

- OpenRoads Designer: Desenvolvido pela Bentley Systems, este software de modelagem de infraestrutura usa IA para automatizar o projeto de rodovias e ferrovias.
- Plataformas de Análise de Dados: Ferramentas como Tableau e Power BI usam IA para ajudar engenheiros a analisar dados de projetos de construção e tomar decisões mais informadas.
- StructionSite: Este aplicativo usa IA para facilitar a documentação visual de canteiros de obras, economizando tempo e melhorando a comunicação.
- Reconstruct: Oferece uma plataforma de gerenciamento de construção que usa IA para monitorar o progresso, analisar dados de construção e gerar relatórios automatizados.
- Infrakit: Uma plataforma de colaboração para projetos de infraestrutura que utiliza IA para gerenciar e compartilhar dados entre as partes interessadas.
- Midjourney: Utiliza uma inteligência artificial que gera imagens a partir de descrições em linguagem natural, o Midjourney capacita os profissionais da arquitetura a explorar novas fronteiras de criatividade e eficiência.
- Floor Plan Creator: É um aplicativo com o qual você pode criar, editar e compartilhar plantas de imóveis de maneira descomplicada e extremamente prática.
- Redraw: É um software que utiliza inteligência artificial para gerar imagens para arquitetura, engenharia e design de interiores. Em menos de 40 segundos, ao utilizar o Redraw, uma pessoa é capaz de criar imagens de renderizações através da inteligência artificial

Lembre-se de que a tecnologia está em constante evolução, e novos aplicativos e programas estão sendo desenvolvidos com recursos de IA para atender às necessidades específicas da engenharia civil. Portanto, é uma boa ideia ficar atualizado com as últimas inovações nesse campo.

## **CONCLUSÃO**

Em conclusão, a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na Engenharia Civil proporciona um caminho promissor para o aprimoramento profissional e técnico, visando um trabalho mais eficiente e de maior qualidade. A utilização de softwares e sistemas inteligentes permite a análise de dados em tempo real, a detecção de problemas e a tomada de decisões embasadas em informações precisas.

A IA na Engenharia Civil permite otimizar processos, aumentar a produtividade, reduzir custos e minimizar erros. Através da automação de tarefas repetitivas, a IA libera os profissionais para se concentrarem em atividades mais estratégicas e criativas. Além disso, a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina e análise preditiva

enriquecem a capacidade de prever problemas e planejar soluções eficazes, contribuindo para um desempenho profissional mais sólido.

No entanto, é importante destacar que o sucesso da aplicação da IA na Engenharia Civil requer uma abordagem equilibrada, combinando o conhecimento técnico-humano com as capacidades da IA. A expertise profissional continua sendo um fator essencial para interpretar os resultados gerados pela IA e tomar decisões adequadas.

Portanto, é fundamental que os profissionais da Engenharia Civil busquem aprimoramentos contínuos, a fim de acompanhar as inovações tecnológicas e se adaptar às transformações da indústria. O desenvolvimento de habilidades em IA e a compreensão de como aplicá-la efetivamente na prática profissional capacitam os engenheiros a se destacarem e a enfrentarem os desafios complexos do setor com maior eficiência, resultando em uma engenharia civil mais profissional e eficiente.

## 8. Referencia

**ABRÃO, Frederico Leão.** Avaliação de Eficiência do Programa Nacional de Habitação Urbana no Combate ao Déficit Habitacional em Goiânia no Período entre 2009 e 2019. Goiânia, 2022.

**ALVES, Cristiano Clay Guiot da Costa.** Plataforma BIM na construção civil: vantagens e desvantagens na implantação. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Católica de Brasília, 2014.

**BITKOM; VDMA; ZVI.** Estratégia de Implementação da Indústria 4.0: Relatório sobre os Resultados da Plataforma Indústria 4.0. Frankfurt, Alemanha, 2016.

**BRUSCHINI, Cristina.** Médicas, arquitetas, advogadas e engenheiras: mulheres em carreiras profissionais de prestígio. Revista Estudos Feministas, v. 7, n. 1/2, p.9-24, 1999.

**COELHO, Pedro Miguel Nogueira.** Rumo à Indústria 4.0. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Coimbra, Coimbra. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10316/36992>. Acesso em: 16 de novembro de 2023.

**CREA-MT.** O que é de responsabilidade de quem na engenharia. Crea-MT, 2022. URL: <https://www.crea-mt.org.br/portal/o-que-e-de-responsabilidade-de-quem-na-engenharia/>.

**DING, K., Shi, H., Hui, J., Liu, Y., Zhu, B., Zhang, F., & Cao, W.** Smart steel bridge construction enabled by BIM and Internet of Things in industry 4.0: A framework. In: 15th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2018; Zhuhai; China.

**EASTMAN, C. M.; LISTON, K.; SACKS, R.; TEICHOLZ, P.** Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução de C. G. Ayres Filho et al. Porto Alegre: Bookman, 2014.

**FUNDAÇÃO JO.** Déficit habitacional no Brasil. Belo Horizonte, 1995. 345 p.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Rio de Janeiro, 2016-2019.

**JACOSKI, C. A., & Jacoski, S. F.** (2015). Contribuição da Modelagem BIM Para Projetos Complexos - Um Estudo Com Projetos de Parques Tecnológicos. Gestão & Tecnologia De Projetos, 9(1), 25-42. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/gtp.v9i1.69567>. Acesso em 22 out. 2023.

**LOURENCINI, Camila.** Visão conservadora compromete produtividade da construção civil. São Paulo: Revista GC - Grandes Construções 2016. Disponível em:

<https://grandesconstrucoes.com.br/Materias/Exibir/visao-conservadora-compromete-productividade-da-construcao-civil?Pagina=1&Pagina=1>. Acesso em: 22 out. 2023.

**MEIRINHOS, Cláudia Sofia Oliveira Macedo.** Práticas educativas de Inteligência Artificial no 1.º Ciclo do Ensino Básico. 2022. 114 f. Dissertação (Mestrado em TIC na Educação e Formação) - Escola Superior de Educação de Bragança, Bragança. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/26344>. Acesso em: 16 de novembro de 2023.

**OSUNSANMI, T.O., Aigbavboa, C.O., Emmanuel Oke, A., & Liphadzi, M.** (2020). Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects. Built Environment Project and Asset Management. DOI: 10.1108/BEPAM-12-2018-0159

**OESTERREICH, T. D., & Teuteberg, F.** (2016). Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. Computers in Industry, n.83, p.121-139. DOI: 10.1016/j.compind.2016.09.006

**POZIN, M. A. A., Nawi, M. N. M., & Romle, A. R.** (2016). Effectiveness of virtual team for improving communication breakdown in IBS project delivery process. International Journal of Supply Chain Management, v.5, n.4, p.121-130.

**PRADO, D.** Gerenciamento de projetos nas organizações, Volume I. Belo Horizonte: FDG, 2000.

**SIMÃO, A. Dos S., Alcoforado, L.F., Longo, O.C., Santos, D.A., Santos, F. dos., Silva, A.D., Menezes, C.A.G., & Meirelles Júnior, J.C.** (2019). Impacto da Indústria 4.0 na construção civil brasileira. Braz. J. of Develop., v. 5, n. 10, p. 20130-20145. DOI: 10.34117/bjdv5n10-210

**SILVA, Paula Heloisa da; CRIPPA, Julianna; SCHEER, Sergio.** BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>. Acesso em: 22 out. 2023. <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8650258>.

**SOUZA, Victor Ramon da Silva.** Análise da Capacitação de Mão de Obra na Construção Civil em Empresas de Barreiras-BA e uma Proposta para Melhorar o Cenário. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade UNIRB, Barreiras, Bahia, 2023.

**TAHMASEBINIA, F.M.E., Sepasgozar, S., Shirowzhan, S., Niemela, M., Tripp, A., Nagabhyrava, S., & Alonso-Marroquin, F.** (2020). Criteria development for sustainable construction manufacturing in Construction Industry 4.0: Theoretical and laboratory investigations. Construction Innovation, v. 20, n. 3, p. 379-400. DOI: 10.1108/CI-10-2019-0103

**VILLAR, Lúcio Flávio de Souza.** Panorama da Construção Civil: Cursos de Qualificação de Mão de obra são realmente desejados? Anais do 7º Encontro de Extensão da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2004.