

## Between advances, constructions and challenges: application of artificial intelligence in Civil Engineering

### Entre avanços, construções e desafios: aplicação da inteligência artificial na Engenharia Civil

Article Info:

Article history: Received 2025-05-03 / Accepted 2025-07-20/ Available online 2025-07-20

doi: 10.18540/jcecv11iiss1pp21735



**Felipe Cavalcante da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1665-0390>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Brazil

E-mail: [cavalcantsilva@gmail.com](mailto:cavalcantsilva@gmail.com)

**Cristiane Pereira de Aguiar**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6990-5911>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Brazil

E-mail: [cristiane.aguiar@ifam.edu.br](mailto:cristiane.aguiar@ifam.edu.br)

#### Resumo

A inteligência artificial (IA) na engenharia civil tem revolucionado o setor, otimizando processos, reduzindo custos e aumentando a eficiência. A aplicação de IA abrange diversas áreas, como modelagem preditiva, automação de projetos e monitoramento de obras. No planejamento e design, algoritmos de aprendizado de máquina analisam grandes volumes de dados para criar modelos estruturais mais eficientes e sustentáveis. Softwares baseados em IA auxiliam na criação de projetos otimizados, considerando fatores como materiais, impacto ambiental e custo-benefício. Na construção, a automação e a robótica, impulsionadas por IA, melhoram a precisão e a segurança. Drones e sensores monitoram obras em tempo real, identificando falhas estruturais e prevenindo acidentes. Além disso, sistemas de IA podem prever falhas em infraestruturas existentes, permitindo a manutenção preditiva e prolongando a vida útil das construções. A IA também é aplicada na gestão de obras, otimizando cronogramas e alocação de recursos. Com análise preditiva, empresas podem evitar atrasos e desperdícios, aumentando a produtividade. No futuro, espera-se que a IA continue transformando a engenharia civil, integrando-se a tecnologias como BIM (Building Information Modeling) e IoT (Internet das Coisas), tornando as construções mais inteligentes, sustentáveis e seguras.

**Palavras-chave:** Inteligência artificial. Engenharia Civil. Automação.

#### Abstract

Artificial intelligence (AI) in civil engineering has revolutionized the sector, optimizing processes, reducing costs, and increasing efficiency. The application of AI covers several areas, such as predictive modeling, project automation, and construction monitoring. In planning and design, machine learning algorithms analyze large volumes of data to create more efficient and sustainable structural models. AI-based software assists in creating optimized designs, considering factors such as materials, environmental impact, and cost-benefit. In construction, automation and robotics, driven by AI, improve precision and safety. Drones and sensors monitor construction sites in real time, identifying structural flaws and preventing accidents. Additionally, AI systems can predict failures in existing infrastructures, enabling predictive maintenance and extending the lifespan of buildings. AI is also applied in project management, optimizing schedules and resource

allocation. With predictive analysis, companies can avoid delays and waste, increasing productivity. In the future, it is expected that AI will continue transforming civil engineering by integrating with technologies such as BIM (Building Information Modeling) and IoT (Internet of Things), making constructions smarter, more sustainable, and safer.

**Keywords:** Artificial intelligence. Technology practices. Productivity. Sustainability. New tools

## 1. Introdução

É notório que a inteligência artificial (IA) é uma ferramenta essencial que impulsiona o avanço tecnológico nas sociedades, ao passo que modifica, transforma e constrói. A aproximação da IA tem impacto em diversos segmentos, no campo da engenharia civil, ela redefine não somente os métodos de trabalho, mas também atua na forma em que as obras podem ser planejadas, executadas e gerenciadas, por meio da análise de grandes volumes de dados, de modo a otimizar essas atividades, melhorando também a segurança nos locais de obra e contribui também no desenvolvimento e andamento de projetos.

Conforme aponta Hess *et al.* (2016), a IA possui um papel na transformação digital, tendo em vista que, ela permite a reestruturação das estratégias, processos, assim como a cultura e a estrutura organizacional. Quando se trata do campo da engenharia civil, essa aplicação não envolve somente a introdução de novas ferramentas tecnológicas, mas também possibilita mudanças significativas no desenvolvimento e construção de projetos, assim como o seu gerenciamento e execução. Cita-se como exemplo a digitalização dos canteiros de obra, a automação dos processos construtivos acompanhados pelo uso de modelos preditivos para a manutenção.

Nesse contexto, o presente artigo propõe-se a explorar a aplicação da Inteligência Artificial na engenharia civil, com o objetivo de examinar seus efeitos na atualização das práticas de construção e os obstáculos associados à sua execução. Balaguer e Abderrahim (2008) apontam que o setor de engenharia civil é um dos mais lentos quando se trata de incorporar as inovações tecnológicas, o que por sua vez impacta diretamente na produtividade, eficiência e competitividade, em razão de que a construção civil ainda opera, em grande parte, com métodos tradicionais, caracterizadas pelo alto consumo de recursos, desperdícios e desafios na gestão de projetos complexos.

Sob esta perspectiva, a relevância desse estudo reside no fato de que, a indústria da construção civil, emprega um grande volume de recursos naturais e requer uma grande força de trabalho, precisa se adaptar às novas exigências do mercado, que englobam aprimoramento da produtividade, redução de despesas, proteção dos colaboradores e preservação do meio ambiente.

Historicamente, a engenharia civil sempre se baseou em técnicas convencionais de planejamento e implementação, frequentemente restringidas pela falta de exatidão, desperdício de recursos e elevados gastos operacionais. Com a chegada da Inteligência Artificial, essas dificuldades podem ser amenizadas através da automação inteligente, análise preditiva e integração de sistemas, permitindo decisões mais estratégicas e precisas. A aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina, redes neurais artificiais e visão computacional possibilitou progressos notáveis na otimização de processos, minimizando falhas humanas e aumentando a produtividade.

Neste contexto, a incorporação da Inteligência Artificial (IA) na engenharia civil é uma demanda estratégica para a modernização de processos, aprimoramento da exatidão dos projetos e aprimoramento da administração de recursos. A Inteligência Artificial possui a capacidade de revolucionar várias fases do ciclo de construção, desde o planejamento e a projeção até a construção e manutenção das construções, proporcionando maior eficácia operacional, diminuição de despesas e atenuação de efeitos no meio ambiente.

Objetiva-se então, compreender e explorar as possibilidades que a IA oferece para a engenharia civil, avaliando de maneira crítica tanto suas aplicações quanto os obstáculos que restringem sua aplicação. Levando em conta a importância crucial da construção civil no

crescimento urbano e econômico, a atualização deste setor pode trazer benefícios não só para as empresas e profissionais envolvidos, mas também para a comunidade em geral, incentivando projetos mais seguros, sustentáveis e economicamente viáveis.

Tivemos como metodologia uma abordagem qualitativa, empregando uma revisão de literatura como método principal. Isso possibilita uma avaliação detalhada dos progressos tecnológicos na engenharia civil, além das consequências da Inteligência Artificial (IA) no campo. A análise bibliográfica permite entender os princípios teóricos que embasam a implementação da Inteligência Artificial no setor da construção civil, bem como reconhecer pesquisas, tendências e obstáculos associados à sua execução.

Para organizar a pesquisa, utilizamos fontes acadêmicas comprovadas, tais como artigos científicos, livros, teses e relatórios técnicos, assegurando uma fundamentação robusta e contemporânea sobre o assunto. Adicionalmente, foram levados em conta estudos de caso e documentos institucionais que ilustram usos de Inteligência Artificial no setor, proporcionando uma perspectiva mais abrangente sobre as vantagens e restrições dessa tecnologia.

Por fim, este trabalho está estruturado em três partes principais, além desta introdução e das conclusões finais. No quadro teórico, são expostos os princípios básicos da IA e sua relação com a engenharia civil, proporcionando uma fundamentação teórica para o entendimento do assunto. No desenvolvimento, o primeiro tópico aborda uma análise histórica da relação entre IA e engenharia civil, explorando a evolução da tecnologia e suas primeiras aplicações no setor. O segundo tópico aborda os progressos tecnológicos, enfatizando as inovações recentes e o papel da Inteligência Artificial na modernização das técnicas de construção. O último tópico analisa os obstáculos encontrados para a aplicação da Inteligência Artificial na engenharia civil, examinando obstáculos econômicos, técnicos e culturais que influenciam a incorporação dessas tecnologias.

### *1.1 Re (construindo): A trajetória da Inteligência Artificial na Engenharia Civil.*

Segundo Santos *et al.* (2020), a Inteligência Artificial é um recurso utilizado na solução de problemas em várias áreas, com capacidade para atuar na antecipação de cenários, automação de atividades e aprimoramento de processos complexos. Por exemplo, na indústria da construção civil, sua implementação tem possibilitado progressos na modelagem de projetos, na supervisão de obras e na administração de recursos. Os algoritmos de aprendizado de máquina têm demonstrado a habilidade de reconhecer padrões e antecipar defeitos estruturais, tornando as construções mais seguras e eficazes.

Para Cunha (2024), a Inteligência Artificial é uma área da ciência da computação que visa criar sistemas aptos a realizar tarefas que, até o momento, eram exclusivamente dependentes da inteligência humana. Essas atividades englobam o aprendizado de máquina, a lógica, a identificação de padrões, a resolução de problemas complexos, a manipulação de linguagem natural, a percepção visual e a tomada de decisões automatizadas. A implementação dessas tecnologias na indústria da construção civil, por exemplo, permite o desenvolvimento de respostas inteligentes para problemas históricos do setor, tais como atrasos em cronogramas, desperdício de materiais e defeitos estruturais.

De acordo com Gomes (2010), a Inteligência Artificial tem sido frequentemente utilizada para prever falhas estruturais, otimizar a utilização de recursos e melhorar a gestão de projetos, assegurando maior exatidão e diminuição dos gastos operacionais. A habilidade de previsão da Inteligência Artificial possibilita o estudo minucioso do comportamento estrutural de construções, empregando algoritmos sofisticados para identificar possíveis falhas antes que se transformem em questões críticas. A autora acrescenta que,

A inteligência artificial é uma das ciências mais recentes, teve início após a Segunda Guerra Mundial e, atualmente, abrange uma enorme variedade de subcampos, desde áreas de uso geral, como aprendizado e percepção, até tarefas específicas como jogos de xadrez, demonstração de teoremas matemáticos, criação de poesia e diagnóstico de doenças. A

inteligência artificial sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana. (Gomes, 2010. p. 234)

Segundo Russell e Norvig (2004), a Inteligência Artificial é percebida como um campo que vai além do uso de tecnologias em setores específicos, estabelecendo-se como um alicerce para a transformação global das indústrias. A sua habilidade de melhorar processos e resultados em diversos contextos faz dela uma ferramenta crucial não só para a engenharia civil, mas também para áreas interligadas como a arquitetura e o urbanismo. Ao incorporar sistemas inteligentes em cada uma dessas áreas, a Inteligência Artificial potencializa soluções mais eficazes e sustentáveis, podendo, no futuro, revolucionar a ideia de construção e infraestrutura.

A inteligência artificial como um conceito surgiu na década de 1950, com estudos pioneiros focados na simulação da inteligência humana através de algoritmos e redes neurais. Contudo, sua implementação na engenharia civil demorou mais para se tornar realidade. Nas décadas de 1980 e 1990, com o avanço dos primeiros programas de engenharia baseados em computação gráfica e modelagem estrutural, a automação começou a se tornar mais presente no setor da construção civil. Instrumentos como o CAD (Design Assistido por Computador) transformaram a indústria, proporcionando maior exatidão nos projetos e diminuindo falhas manuais.

Com o avanço da computação e da digitalização nos anos 2000, começaram a surgir soluções mais sofisticadas que incorporavam elementos de IA. O advento da Building Information Modeling (BIM) foi um marco significativo, pois permitiu uma modelagem detalhada das edificações, promovendo uma gestão mais eficiente do ciclo de vida das construções. Além disso, o uso de sensores inteligentes e a coleta massiva de dados possibilitaram a introdução de sistemas preditivos que auxiliam no monitoramento de estruturas e no planejamento de projetos.

Os autores Barbosa e Bezerra (2020) refletem que a Inteligência Artificial, inicialmente concebida e aprimorada em contextos acadêmicos e de pesquisa, passou de um conceito abstrato a uma tecnologia onipresente, integrada ao nosso dia a dia através de uma variedade infinita de aplicações e aparelhos. Essas tecnologias têm sido incorporadas de maneira tão suave e sutil em nossas rotinas que, frequentemente, não notamos a extensão de seu efeito, mesmo com sua crescente onipresença, ou seja, “(...) é um campo de forças em que promessas e disputas de conservação, revolução e formas de proceder estão em constante embate” (Barbosa; Bezerra, 2020, p. 96).

A conexão entre Inteligência Artificial (IA) e engenharia civil é relativamente nova em comparação com outros setores industriais. Contextualizando, a construção civil se fundamentou em métodos tradicionais, empregando mão de obra intensiva e materiais convencionais. Ao longo dos séculos, a inovação neste campo concentrou-se principalmente no aprimoramento de materiais e métodos construtivos, com progressos progressivos em estruturas, fundações e processos de construção. No entanto, a partir da Revolução Industrial e, em seguida, com o avanço da computação no século XX, surgiram as primeiras tentativas de incorporar tecnologia aos processos de construção.

O vínculo entre a Inteligência Artificial e a Engenharia Civil teve início com a implementação de tecnologias de automação e modelagem por computador. No início, o uso de algoritmos e sistemas de simulação contribuiu para a elaboração de modelos mais exatos e eficazes para o planejamento de estruturas. A aplicação de sistemas de Inteligência Artificial contribuiu para aprimorar os procedimentos de análise estrutural e para antecipar reações de materiais e construções em diversas circunstâncias, levando a construções mais seguras e resistentes. Ainda que, nessa fase inicial, a Inteligência Artificial fosse aplicada de maneira isolada e restrita a funções específicas, a tecnologia já mostrava a capacidade de revolucionar de maneira significativa os métodos convencionais de engenharia.

A evolução dessa relação também é evidente na maneira como as companhias do ramo implementam essas tecnologias. Nos primeiros anos, o desafio era a resistência à mudança, dado que o ramo da construção civil sempre adotou uma postura conservadora em relação à implementação de novas tecnologias. No entanto, com o aumento da procura por eficiência, sustentabilidade e segurança, as organizações começaram a ver a Inteligência Artificial como um instrumento crucial para a atualização do setor.

Com o progresso tecnológico, em particular na área de Inteligência Artificial, a Engenharia Civil está passando por uma revolução que está alterando significativamente as práticas e procedimentos dentro do campo. A Inteligência Artificial, com sua habilidade de analisar grandes quantidades de dados, reconhecer padrões complexos e fazer previsões acuradas, tem ganhado cada vez mais importância na forma como os engenheiros lidam com seus projetos e soluções.

Atualmente, essa relação é mais extensa, abrangendo desde o planejamento e o design até a implementação e a manutenção das edificações. Os engenheiros podem utilizar ferramentas de aprendizado de máquina e inteligência computacional para melhorar a previsão de problemas antes que eles aconteçam, tais como o reconhecimento antecipado de falhas estruturais, a supervisão do rendimento de edifícios em tempo real e a otimização da alocação de recursos durante a realização da obra. A Inteligência Artificial também tem auxiliado no crescimento da sustentabilidade na indústria da construção, através de algoritmos que auxiliam no desenvolvimento de edifícios mais eficientes em termos energéticos e ambientalmente corretos, incentivando a utilização de materiais ecológicos e a redução de desperdícios.

Assim, a conexão entre a Inteligência Artificial e a engenharia civil passou de um modelo fundamentado na experimentação para uma integração cada vez maior e crucial para a competitividade na área. As tendências atuais apontam para um aumento na adoção dessas tecnologias, impulsionado pela demanda por inovação e pelas demandas do mercado mundial. Contudo, essa atualização ainda encontra obstáculos consideráveis, que serão debatidos ao longo deste texto.

### *1.2 Do lápis ao algoritmo: avanços da IA na engenharia civil*

Dos Anjos e Bastos (2023) apontam que um dos maiores avanços da Inteligência Artificial na Engenharia Civil é a habilidade de avaliar a performance estrutural de uma edificação em variados cenários, antes mesmo de sua realização. Além disso, os autores descrevem que “A IA tem ajudado os engenheiros em um processo de construção quando permite que ele se concentre em tarefas mais complexas e de alto valor, enquanto automatizam tarefas de rotina, ajudando a reduzir custos e aumentando a eficiência de toda cadeia produtiva” (p.105)

Os prognósticos produzidos pela Inteligência Artificial (IA) têm se revelado fundamentais na administração proativa de projetos de Engenharia Civil, fornecendo uma fundação robusta para assegurar que as construções cumpram os objetivos definidos de forma eficiente e segura. A Inteligência Artificial habilita os engenheiros a identificar possíveis problemas antes de acontecerem, possibilitando que as ações corretivas sejam executadas de maneira mais eficaz e com menor interferência no progresso do projeto. Ao combinar algoritmos de aprendizado de máquina e modelos preditivos, podemos antecipar o comportamento de estruturas em diversas circunstâncias, identificar riscos e possíveis falhas, além de aprimorar os processos e recursos envolvidos, assegurando que os prazos sejam respeitados e os gastos sejam gerenciados (Hariri-Ardebili *et al.*, 2016).

A aplicação da Inteligência Artificial na construção civil tem permitido progressos notáveis em diversas fases do processo, desde o planejamento até a manutenção das construções. Com o progresso dos algoritmos e da capacidade de processamento, a Inteligência Artificial tornou-se uma parceira crucial para aprimorar processos e assegurar maior eficácia na construção.

A incorporação da IA na gestão de projetos de engenharia civil está impulsionando um progresso considerável em termos de eficiência, exatidão e efetividade na realização de projetos. Ao aprimorar processos complexos e oferecer percepções valiosas em tempo real, a Inteligência

Artificial revoluciona os métodos convencionais de planejamento, supervisão e controle de projetos, permitindo uma administração mais rápida e consciente. A utilização de algoritmos sofisticados, análise preditiva e automação de tarefas repetitivas possibilita que os administradores de projetos façam escolhas mais embasadas e prevejam desafios antes que se transformem em problemas, otimizando recursos, prazos e custos de forma inédita (Lhama, 2021).

Destaca-se também que o campo da automação é um dos elementos mais significativos da IA, através da utilização de robôs que podem servir de auxílio na impressão de casas e edifícios em 3D, que também contribuem para a maneira em que essas construções são realizadas. Essas tecnologias permitem que as tarefas sejam realizadas de forma mais rápida, além de minimizar o desperdício, asseguram formas de aplicação mais precisas do material. Além disso, a visão computacional tem se inserido com frequência na prática profissional durante o acompanhamento do progresso das construções. Instrumentos como câmera e drones aprimorados com IA podem examinar o local de obras em tempo real fornecendo informações acerca de possíveis falhas assegurando a aderência ao projeto real. Essas ferramentas podem ainda servir na proteção dos funcionários ao identificar possíveis perigos no local de trabalho e evitando incidentes.

A gestão inteligente de recursos é um dos mais visíveis avanços da IA aplicada à engenharia civil, pois, a partir de sensores ligados a sistemas que utilizem IA, ocorrerá o controle do uso de matérias e energia durante as edificações, contribuindo para um gestão mais eficaz e ecológica, diminuindo diretamente os custos e reduzindo o impacto que as construções podem causar no ambiente. Desse modo, a IA é um mecanismo utilizado de forma vantajosa quando se trata de realizar uma engenharia civil sustentável. A análise preditiva possibilita a criação de projetos que maximizam a utilização de materiais sustentáveis, aumentando assim a eficiência energética dos edifícios. Ademais, a Inteligência Artificial contribui para a reciclagem e reutilização de materiais, fomentando práticas que estão em consonância com os princípios da economia sustentável.

Assim sendo, Manzoor (2021) argumenta que a IA desempenha uma peça fundamental na transformação e implantação da engenharia civil de forma mais sustentável e responsável por meio da análise mais detalhada e avançada dos volumes de dados ambientais, dos padrões de consumo, também, das características dos materiais utilizados. Dessa maneira, os algoritmos inteligentes têm a capacidade de melhorar a eficiência energética das construções, diminuir consideravelmente o desperdício de materiais e estimular a implementação de métodos construtivos mais alinhados aos preceitos de sustentabilidade. A habilidade da Inteligência Artificial em combinar variáveis complexas e produzir soluções eficientes a torna uma parceira essencial na procura por inovação e responsabilidade ambiental no ramo da construção civil.

A incorporação da Inteligência Artificial na engenharia civil possibilitará uma reestruturação dos processos de construção, incentivando o uso eficiente de materiais, reduzindo impactos ambientais e favorecendo uma economia circular. Com a ajuda de algoritmos preditivos, poderemos prever o desempenho estrutural e energético das construções antes mesmo de sua edificação, permitindo modificações no projeto para torná-lo mais eficaz e sustentável. Isso abrange desde a seleção de materiais ecoeficientes, que têm uma pegada de carbono reduzida, até a instalação de sistemas automatizados que supervisionam e ajustam o uso de energia, água e outros recursos naturais durante o ciclo de vida das construções.

Vale ressaltar ainda, outra inovação significativa trazida pela Inteligência Artificial no âmbito da sustentabilidade é a sua utilização na criação de cidades inteligentes. Através do estudo de dados urbanos, podemos projetar áreas urbanas mais eficazes, diminuir engarrafamentos, aprimorar os sistemas de transporte coletivo e aprimorar a infraestrutura de serviços essenciais, como saneamento e fornecimento de energia. A utilização de modelos computacionais sofisticados possibilitará que engenheiros e urbanistas elaborem táticas para atenuar os efeitos ambientais do crescimento urbano, fomentando cidades mais resilientes e sustentáveis.

Diante disso, a Inteligência Artificial não só transforma a forma como os engenheiros civis operam, como também promove uma mudança significativa para um setor mais eficaz, inovador e dedicado a soluções sustentáveis (Kumar, 2021). Esta alteração de paradigma na indústria da

construção civil é um progresso vital para lidar com os desafios globais relacionados às alterações climáticas, à falta de recursos naturais e à necessidade de diminuir a liberação de gases que intensificam o efeito estufa.

### *1.3 Os desafios da IA aplicada à engenharia civil*

Embora a Inteligência Artificial tenha trazido progressos significativos para a engenharia civil, sua aplicação em grande escala ainda se depara com desafios consideráveis. Um dos principais desafios é a resistência à mudança. A indústria da construção costuma ser conservadora, adotando novas técnicas de maneira gradual. Muitos especialistas ainda expressam dúvidas sobre a efetividade da IA, com receio de que a automação possa substituir o trabalho humano ou causar efeitos negativos na empregabilidade.

Datta (2021) em ao tratar desses desafios, escreve que estão intrinsecamente ligados à insuficiência tecnológica e à escassez de conhecimentos especializados no campo, o que dificulta a implementação de novas ferramentas e métodos inovadores. Este contexto é citado como um dos principais causadores da ineficácia na administração de custos, constantes atrasos na realização de projetos, diminuição na qualidade das construções, decisões pouco fundamentadas, produtividade reduzida e falhas nos protocolos de saúde e segurança no local de trabalho.

Diversos fatores podem contribuir para a resistência à modernização no setor, como a falta de formação técnica dos profissionais, a hesitação das empresas em investir em tecnologias emergentes e a complexidade de incorporar inovações digitais aos métodos construtivos convencionais. Esta dificuldade na adaptação afeta diretamente a eficácia operacional das construções, levando a desperdício de recursos, retrabalho e defeitos estruturais que poderiam ser prevenidos através do emprego de sistemas inteligentes de supervisão e planejamento.

Ademais, a divisão da cadeia produtiva da construção civil constitui outro entrave relevante. Frequentemente, a comunicação entre os diversos participantes do processo - engenheiros, arquitetos, fornecedores e administradores de obra - é deficiente, o que dificulta a coordenação eficaz das tarefas e resulta em desacordos que afetam prazos e orçamentos. A ausência de conexão entre as fases do projeto enfatiza a demanda por ferramentas que unam informações e aprimorem a tomada de decisões em tempo real.

Dias, Santos e Diniz (2023) fazem a seguinte reflexão:

A ascensão da inteligência artificial (IA) na engenharia civil traz consigo uma miríade de benefícios, mas não está isenta de desafios e considerações éticas. Enquanto a IA revoluciona processos, otimiza projetos e aprimora a eficiência, é crucial abordar questões éticas para garantir que essas inovações sejam implementadas de maneira responsável e sustentável. Destacam-se como desafios e considerações éticas associados às aplicações práticas de inteligência artificial na engenharia civil: o viés nos algoritmos, a responsabilidade e tomada de decisão, a privacidade e segurança de dados, o impacto socioeconômico (p.229)

Outro desafio presente são os altos custos iniciais de implementação, pois a compra de softwares especializados, equipamentos sofisticados e a formação da equipe demandam investimentos consideráveis. Numerosas companhias do ramo, particularmente as com orçamentos mais apertados, podem enfrentar desafios para suportar esses gastos, o que resulta em uma desigualdade na atualização do setor e restringe o acesso às inovações tecnológicas

Além dos obstáculos econômicos, existem consideráveis desafios técnicos. A Inteligência Artificial requer uma base de dados sólida e confiável para funcionar eficientemente, e muitas empresas ainda não têm sistemas apropriados para recolher, guardar e tratar grandes quantidades de informações. Sem informações confiáveis, os algoritmos de Inteligência Artificial podem produzir previsões errôneas, prejudicando a eficácia e a segurança dos projetos. Este obstáculo é intensificado pela ausência de interoperabilidade entre diversos programas e plataformas

empregados no setor, o que complica a integração de sistemas e a troca de informações em tempo real.

Peixoto (2020) faz uma importante contribuição ao explicar que, conforme os algoritmos se tornam mais independentes, é essencial definir diretrizes claras que determinem quem deve ser responsabilizado por possíveis erros ou imprecisões decorrentes do uso da tecnologia. A ausência de normas específicas pode resultar em brechas legais e prejudicar a segurança e a fiabilidade dos projetos. Os profissionais de engenharia e outros envolvidos não só precisam acompanhar as decisões feitas pelos algoritmos, mas também entender os critérios usados por essas tecnologias para embasar suas decisões. Isso sugere a necessidade de maior clareza nos sistemas de Inteligência Artificial, para que suas atividades sejam compreensíveis e auditáveis, minimizando riscos e garantindo a aderência aos padrões técnicos e éticos previamente estabelecidos.

É necessário levar em consideração os fatores socioeconômicos, tendo em vista que pode haver possíveis substituições de postos de trabalho convencionais, particularmente em tarefas operacionais que podem ser automatizadas por máquinas inteligentes e sistemas independentes. Este contexto demanda uma análise detalhada de como balancear o aumento de eficiência oferecido pela Inteligência Artificial com a necessidade de manter empregos e assegurar a inclusão social no ramo da construção civil.

A implementação da Inteligência Artificial pode levar a uma reestruturação do mercado de trabalho, transferindo profissionais de tarefas mecânicas e repetitivas para tarefas que demandam maior capacitação e interação com tecnologias emergentes. Contudo, essa mudança não acontece de forma fluida, e sem políticas apropriadas de requalificação e formação, muitos empregados podem encontrar obstáculos para se ajustarem ao novo contexto. A ausência de formação pode intensificar as desigualdades e provocar desemprego estrutural, o que torna crucial a aplicação de estratégias focadas na capacitação profissional e no uso do potencial humano em atividades complementares à tecnologia.

Adicionalmente, existe uma discussão ética acerca do dever das empresas e dos governos em atenuar os efeitos adversos da automação. É fundamental investir na capacitação de pessoal especializado e estabelecer políticas de transição justas para os empregados para assegurar que as vantagens da IA sejam repartidas de maneira justa. Modelos de aprendizado contínuo, formações técnicas focadas em tecnologia e programas de requalificação podem ser opções para amenizar as consequências da substituição tecnológica e promover um ambiente de trabalho mais inclusivo.

Logo, mesmo que a Inteligência Artificial seja um progresso indiscutível na engenharia civil, sua aplicação deve vir acompanhada de ações que assegurem um crescimento equilibrado e sustentável. É fundamental levar em conta os efeitos socioeconômicos e implementar estratégias que unam inovação e inclusão social para assegurar que as vantagens da inteligência artificial estejam ao alcance de todos, incentivando um avanço tecnológico que preserve tanto a eficácia produtiva quanto a dignidade dos empregados (Hortmann, 2020).

### **Considerações finais**

A evolução da Inteligência Artificial (IA) na engenharia civil evidencia um progresso notável na maneira como os projetos são elaborados, implementados e acompanhados. Desde seus primeiros usos em modelagem computacional até sua incorporação em sistemas preditivos e automatizados, a Inteligência Artificial revolucionou as abordagens convencionais do setor, tornando os processos mais eficazes, seguros e sustentáveis.

A Inteligência Artificial, além de melhorar a precisão e a produtividade na elaboração de projetos, tem promovido práticas mais sustentáveis, auxiliando na diminuição do desperdício de materiais e na utilização consciente de recursos naturais. A aplicação de algoritmos inteligentes e sensores interligados permite um controle estrito sobre o uso de energia, a qualidade dos materiais e a segurança nos locais de construção. Portanto, o ramo da construção se direciona para um modelo mais sustentável.

Contudo, mesmo com o progresso, ainda existem obstáculos consideráveis a serem vencidos para uma implementação mais abrangente da Inteligência Artificial na engenharia civil. Dificuldades como a resistência à inovação, os elevados custos de execução e a exigência de formação técnica dos profissionais da área requerem cuidado. Ademais, a incorporação de novas tecnologias demanda uma revisão das normas e regulamentos para assegurar seu uso ético e seguro.

Assim, a Inteligência Artificial surge não somente como uma ferramenta de atualização da engenharia civil, mas também como uma rota para o progresso sustentável e a inovação constante. Sua capacidade de revolucionar processos, maximizar recursos e utilizar métodos construtivos mais eficazes destaca sua importância para o futuro do setor. Com o avanço das tecnologias e o aumento da sua acessibilidade, espera-se que a Inteligência Artificial assumira um papel ainda mais estratégico na construção de infraestruturas robustas, inteligentes e sustentáveis.

### Referências

- Barbosa, X. C., Bezerra, R. F; *Breve introdução à história da Inteligência Artificial*. Jamaxi , v. 4, n. 1, 2020.
- Blanco, L. J. *et al. Artificial intelligence: Construction technology's next frontier*, McKinsey & Company. 2018.
- Cunha, P. H. F. R. *Uso da inteligência artificial na construção civil*. 2024. 33 f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.
- Datta, S. D, Islam, M., Rahman, S. H., Sobuz, Ahmed, S., Karb, M. *Artificial intelligence and machine learning applications in tem Project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review*. Heliyon, Vol. 10, Edição 5, 15 de março de 2024, e26888
- dos Anjos, R. M., & Bastos, R. C. (2023). *Inteligência artificial e a engenharia: dos oráculos ao chat gpt: artificial intelligence and engineering: from oracles to gpt chat*. Revista UNICREA-Revista Técnico Científica da Universidade Corporativa do CREA/SC, 1(2), 94-116.
- Gomes, D. S. *Inteligência Artificial: conceitos e aplicações*. Revista Olhar Científico, v. 1, n. 2, p. 234-246, 2010.
- Hariri-Ardebili, MA, Mahdavi, G., Nuss, LK, & Lall, U. (2023). *O papel da inteligência artificial e das tecnologias digitais na engenharia de barragens: revisão narrativa e perspectiva*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 126, 106813.
- Hess, Thomas *et al. Opções para formular uma estratégia de transformação digital*. MIS Quarterly Executive, v. 15, n. 2, 2016.
- Hortmann, C. D. O. (2020). *Inteligência Artificial no Mercado de Trabalho: ideias para a prevenção de impactos e implementação de políticas públicas*. Editora Dialética.
- Lhama, P. BG. *Gerenciamento de projetos e inteligência artificial: uma perspectiva para o futuro a partir de uma revisão sistemática da literatura*. XII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2021
- Manzoor, B., Othman, I., Durdyev, S., Ismail, S., & Wahab, M. H. (2021). *Influence of artificial intelligence in civil engineering toward sustainable development—a systematic literature review*. Applied System Innovation, 4(3), 52.
- Dias, A.M., Santos, L.C.G.S., Diniz, H.A. G. *A inteligência artificial na engenharia civil*. Pesquisas em temas de engenharias - volume 9. 1ed.belem: rfb editora, 2023, v. 9, p. 218-243.
- Kumar, A., & Mor, N. (2021). *An approach-driven: Use of artificial intelligence and its applications in civil engineering*. Artificial Intelligence and IoT: Smart Convergence for Eco-friendly Topography, 201-221.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson.

Santos, V.S. *et al.* *Prospecção Bibliométrica e Patentária de Tecnologias com Inteligência Artificial Aplicáveis a Smart Cities*. *Cadernos de Prospecção*, v. 15, n. 2, p. 523-540, 2022.