

## Revisão Sistemática da Literatura sobre o uso da Inteligência Artificial na Construção Civil

**Fernanda Rocha Fernandes<sup>1</sup>, Náthalee Cavalcanti de Almeida<sup>2</sup>, Adla Kellen Dionisio Sousa<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Brasil  
(FERNANDA.FERNANDES36236@alunos.ufersa.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Brasil

**Resumo:** A indústria da construção civil responde por aproximadamente 13% do Produto Interno Bruto (PIB) global, exercendo função essencial no progresso econômico e social. Embora estratégico, o setor lida com obstáculos recorrentes, como eficiência reduzida, cronogramas estendidos, elevação de despesas, desperdício de insumos e passivos ambientais. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) se apresenta como uma solução promissora, por meio de agentes automatizados capazes de processar grandes volumes de informação, antecipar falhas e aperfeiçoar rotinas produtivas. O propósito deste trabalho é examinar, a partir de uma revisão sistemática da literatura (RSL) fundamentada no protocolo de Kitchenham, o emprego da IA na construção civil no período de 2020 a 2025. Foram considerados artigos indexados nas bases Scopus, Web of Science e Compendex, adotando-se critérios rigorosos de seleção, exclusão e avaliação de qualidade. Os achados indicam um avanço expressivo nas publicações da área, com protagonismo de China, Índia, Arábia Saudita e Estados Unidos. Dentre as abordagens computacionais mais frequentes, destacam-se Random Forest, redes neurais artificiais (RNA), k-vizinhos mais próximos (KNN) e máquinas de vetores de suporte (SVM), aplicadas sobretudo à predição de características de materiais, ao aprimoramento de projetos e ao ganho de eficiência energética. As principais barreiras mencionadas envolvem a escassez, a confiabilidade e a heterogeneidade dos dados, assim como inconsistências que afetam a acurácia dos modelos. Tais resultados reafirmam o potencial da IA como aliada estratégica para superar dificuldades históricas da construção civil.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial; Construção Civil; Engenharia Civil; Aprendizado de Máquina.

### INTRODUÇÃO

O setor da construção civil responde por um volume anual de aproximadamente US\$10 trilhões, equivalendo a cerca de 13% do Produto Interno Bruto mundial (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017). Trata-se de uma atividade que, além de empregar milhões de trabalhadores, fornece infraestruturas básicas à sociedade como moradias, vias de transporte, unidades industriais e estabelecimentos comerciais. Não obstante sua importância sob as perspectivas econômica e social, a indústria da construção continua a lidar com obstáculos expressivos: reduzida eficiência operacional, descumprimento de prazos, escalada de custos, geração excessiva de resíduos e degradação ambiental (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

A complexidade crescente dos empreendimentos de engenharia tem evidenciado as fragilidades dos modelos clássicos de planejamento e gestão até então

adotados. Conforme argumenta Koskela (2000), tais abordagens frequentemente conduzem a fluxos de trabalho ineficazes, perdas materiais significativas e escassa capacidade preditiva quanto aos desfechos dos projetos, o que aponta para a urgência de soluções tecnológicas capazes de reconfigurar as etapas de concepção e execução.

Diante desse quadro, a Inteligência Artificial (IA) posiciona-se como uma via alternativa especialmente promissora, ao fornecer meios para processar massas de dados, automatizar rotinas e subsidiar decisões (RUSSELL; NORVIG, 2010). Ferramentas ancoradas em aprendizado de máquina e visão computacional já vêm sendo incorporadas a distintas fases do ciclo de vida construtivo, destacando-se a estimativa de atributos de materiais, o acompanhamento de frentes de obra, a administração de riscos e o planejamento temporal das atividades (PAN; ZHANG, 2021).

Embora se verifique um avanço substancial no volume de pesquisas voltadas à aplicação da IA na

construção civil nos últimos anos, esse corpo de conhecimento encontra-se fragmentado na literatura. As investigações abrangem técnicas diversas, domínios de aplicação variados e cenários distintos, dificultando uma visão integrada sobre quais métodos predominam, quais ganhos efetivamente proporcionam e quais restrições os acompanham (PAN; ZHANG, 2021).

Nesse sentido, impõe-se a necessidade de uma revisão sistemática da literatura que organize, examine e sintetize criticamente as evidências científicas disponíveis sobre o tema. O presente trabalho tem, portanto, como propósito conduzir uma revisão sistemática da literatura acerca do emprego da Inteligência Artificial na construção civil, no recorte temporal de 2020 a 2025, visando responder à seguinte questão de pesquisa: Quais são as principais técnicas de IA empregadas, suas respectivas áreas de aplicação, os benefícios relatados e as lacunas de pesquisa ainda existentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O percurso metodológico adotado neste estudo fundamentou-se nos preceitos da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conforme o protocolo proposto por Kitchenham (2004). A execução da pesquisa obedeceu a três fases sequenciais: planejamento, operacionalização da busca e síntese dos achados.

Como recurso complementar, empregaram-se as ferramentas ChatGPT (OpenAI), DeepSeek e NotebookLM (Google), utilizadas para suporte na revisão gramatical, no esclarecimento de aspectos metodológicos e na verificação da coerência das decisões tomadas ao longo do processo. Ressalta-se, contudo, que todas as etapas sensíveis seleção dos estudos, extração dos dados, análise dos resultados e deliberações finais foram conduzidas integralmente pela autora.

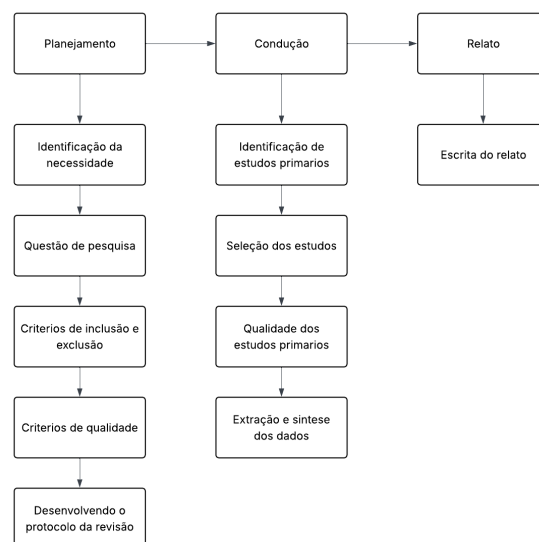


Figura 1- Etapas da revisão

### 2.1 Planejamento da revisão

A fase de planejamento contemplou dois movimentos principais: (i) a identificação da real necessidade da revisão e (ii) a construção de um protocolo orientador.

#### 2.1.1 Justificativa para a revisão

Conforme destacam Kitchenham (2004), a verificação prévia da pertinência de uma RSL é condição indispensável para evitar redundâncias e assegurar contribuição efetiva à área. Em levantamento exploratório inicial, constatou-se que, embora haja volume expressivo de publicações sobre IA na construção civil, ainda são escassas as revisões sistemáticas que sintetizam esse conhecimento. Tal lacuna reforça a necessidade de organizar evidências disponíveis e apontar direções para investigações futuras.

#### 2.1.2 Perguntas de pesquisa

Com o intuito de nortear todas as etapas subsequentes desde a busca até a análise final, foram formuladas quatro questões centrais:

Q1: De que maneiras a IA pode ser aplicada no contexto da construção civil?

Q2: Quais atributos ou funcionalidades da IA são empregados nos estudos analisados?

Q3: Quais técnicas de IA figuram com maior frequência nas publicações?

Q4: Quais limitações e obstáculos são relatados pelos pesquisadores?

Essas perguntas orientaram a definição do protocolo, a elaboração da estratégia de busca e o estabelecimento dos critérios de seleção, assegurando transparência, consistência e reprodutibilidade ao processo.

### 2.1.3 Critérios de seleção (inclusão e exclusão)

Os critérios descritos no Quadro 1 foram estabelecidos para garantir a pertinência e a qualidade metodológica dos trabalhos analisados.

Quadro 1 - critérios

| critérios de inclusão                                                                                   | critérios de exclusão                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Ano de publicação - 2020 - 2025                                                                         | Publicações não relacionadas ao tema                    |
| Artigos em inglês                                                                                       | Artigos inacessíveis                                    |
| Artigos completos                                                                                       | Artigos de outras áreas da engenharia civil             |
| Artigos de pesquisa de revistas relacionados à aplicação da inteligência artificial na construção civil | revisões narrativas ou sistemáticas sem dados originais |

### 2.1.4 Avaliação da qualidade metodológica

Para aferir o rigor dos estudos pré-selecionados, empregou-se um instrumento composto por nove quesitos, construído com base nos objetivos desta RSL. Buscou-se verificar:

1. Clareza na apresentação dos objetivos ou motivações;
2. Transparência na descrição metodológica;
3. Definição adequada das variáveis de entrada (atributos) utilizadas nos modelos de IA;
4. Disponibilização ou menção clara da base de dados empregada;
5. Identificação inequívoca das técnicas de IA adotadas;

6. Explicitação das métricas de validação;

7. Discussão consistente dos resultados obtidos;

8. Exposição das limitações do estudo;

9. Validação da proposta ou ferramenta em cenário real.

Cada critério recebeu pontuação: 1 quando plenamente atendido, 0,5 quando atendido de forma parcial e 0 quando ausente ou insuficientemente descrito. A pontuação máxima possível por artigo foi de 9 pontos.

Adotou-se como corte mínimo 7 pontos para inclusão na etapa final de análise. Estudos com pontuação inferior foram desconsiderados por não oferecerem informações suficientes quanto à metodologia, aos dados, às técnicas de IA empregadas ou à validação dos resultados.

### 2.1.5 Protocolo de revisão

Após a definição das perguntas de pesquisa, elaborou-se um protocolo detalhado, contemplando: estratégias de busca, critérios de seleção, procedimentos de extração e síntese de dados, e cronograma de execução.

### Estratégia de busca

A string de busca foi construída a partir de descritores relacionados à inteligência artificial e à construção civil:

(machine AND learning OR artificial AND intelligence) AND (civil AND engineering OR civil AND construction)

Essa expressão foi aplicada nas seguintes bases de dados, reconhecidas por sua abrangência e relevância científica: Scopus, Web of Science e Compendex.

### Processo de triagem

A seleção dos estudos ocorreu em três fases:

- Busca automatizada nas bases selecionadas, com aplicação dos filtros predefinidos (período, idioma, tipo de documento);
- Análise de títulos e resumos, para verificação preliminar de aderência ao tema;
- Leitura integral dos artigos pré-selecionados, confirmando o atendimento a todos os critérios de inclusão.

### Extração e síntese dos dados

Foi elaborado um formulário padronizado para extração das seguintes informações: autor(es), título, ano de publicação, palavras-chave, periódico, país de origem, síntese do conteúdo, técnica(s) de IA utilizada(s), limitações apontadas e aplicação específica na construção civil. Os dados coletados foram organizados em planilha para facilitar a comparação e a análise entre os estudos.

## 2.2 Execução da revisão sistemática

A fase de execução seguiu rigorosamente o protocolo estabelecido, compreendendo: (a) identificação dos estudos primários, (b) avaliação da qualidade metodológica e (c) extração e síntese dos dados.

### 2.2.1 Identificação dos estudos primários

A etapa inicial consistiu na aplicação da string de busca nas três bases selecionadas, com os filtros de período (2020–2025), idioma (inglês) e tipo de documento (artigos completos). Os resultados obtidos encontram-se sintetizados no Quadro 2.

| Base de Dados  | busca apenas com <i>string</i> | Incluindo critérios |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| Scopus         | 255                            | 66                  |
| Web of Science | 2.363                          | 759                 |
| Compendex      | 4.656                          | 691                 |
| total          | 7.274                          | 1516                |

Quadro 2 - Buscas nas bases

### 2.2.2 Triagem e seleção dos estudos

A partir do total de 1.516 artigos obtidos com os filtros, procedeu-se à remoção de duplicatas, o que reduziu o conjunto para 1.047 trabalhos únicos. Na sequência, realizou-se a avaliação de aderência ao tema, excluindo-se artigos indisponíveis na íntegra ou cujo foco não fosse especificamente a construção civil. Ao final dessa etapa, restaram 230 estudos considerados potencialmente relevantes.

### 2.2.3 Avaliação da qualidade metodológica

Os 230 artigos pré-selecionados foram submetidos ao instrumento de qualidade descrito na subseção 2.1.4. Após a pontuação individual, foram mantidos apenas

os trabalhos com nota igual ou superior a 7. Esse corte resultou na exclusão de 47 estudos, restando 183 artigos aptos para a etapa de extração e análise final.

### 2.2.4 Extração e síntese dos dados

Para os 183 estudos selecionados, aplicou-se o formulário padronizado de extração, registrando-se: autoria, ano, título, periódico, país, palavras-chave, síntese do conteúdo, técnica(s) de IA, variáveis de entrada, limitações, disponibilidade da base de dados e aplicação concreta na construção civil. Todos os registros foram mantidos em planilha eletrônica, garantindo rastreabilidade e consistência.

A etapa de síntese consistiu na análise agregada dos dados extraídos, permitindo identificar padrões, tendências, lacunas de pesquisa e contribuições mais significativas da aplicação de IA no setor da construção civil.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentam-se os achados da revisão sistemática, contemplando: (i) características gerais dos estudos selecionados (distribuição temporal, origem geográfica, bases de dados, palavras-chave e fontes dos dados); (ii) respostas às quatro questões de pesquisa que nortearam o trabalho.

### 3.1 Panorama geral dos estudos incluídos

#### 3.1.1 Distribuição temporal

A análise da evolução anual das publicações, ilustrada na Figura 2, revelou trajetória ascendente no período de 2020 a 2025. Observa-se volume reduzido de trabalhos no ano inicial, seguido por crescimento gradual em 2021 e 2024, culminando em patamar máximo em 2025, com mais de 60 publicações.

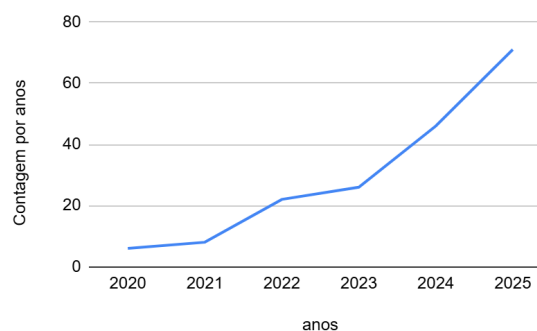


Figura 2 – Publicações por ano

Esse comportamento sugere amadurecimento do interesse científico pelo tema, potencialmente impulsionado por: (a) avanços tecnológicos na área

de IA; (b) maior disponibilidade de bases de dados; (c) expansão das aplicações para diferentes domínios do setor construtivo. Conforme apontam Pan & Zhang (2021) e Xu et al. (2021), esse cenário também reflete o processo de transformação digital da construção civil, que demanda ferramentas analíticas mais robustas para previsão, análise e suporte decisório.

A trajetória crescente observada reforça a oportunidade e a pertinência desta revisão sistemática, ao evidenciar um campo em franca expansão e com potencial de continuidade nos próximos anos.

### 3.1.2 Origem geográfica das publicações

O mapeamento geográfico dos estudos, apresentado na Figura 3, indica concentração expressiva da produção científica em quatro países: China, Índia, Arábia Saudita e Estados Unidos. A China destaca-se isoladamente, com 65 trabalhos publicados no período.

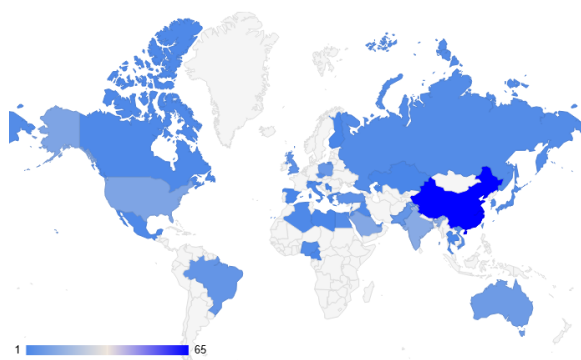


Figura 3 – Artigos por país

Esse protagonismo pode ser atribuído a fatores como: robustez do ecossistema de pesquisa e desenvolvimento (P&D), investimentos consistentes em inovação e relevância estratégica do tema nessas economias. De acordo com o Relatório de Ciência da UNESCO (2021), a China respondeu por aproximadamente dois terços do crescimento global nos gastos com ciência entre 2014 e 2018, ao lado dos Estados Unidos. O país elevaria sua participação nos investimentos mundiais em pesquisa para cerca de 19,6%, evidenciando compromisso contínuo com a inovação tecnológica e científica.

Em contraste, observa-se participação significativamente menor de países de outras regiões, revelando assimetria preocupante na produção científica internacional. O Relatório da UNESCO (2021) aponta que, embora o potencial da ciência aberta seja mundialmente reconhecido, as prioridades regionais divergem substancialmente. Nações da

África, América Latina, partes da Ásia e Estados Árabes enfrentam obstáculos estruturais – infraestrutura limitada, conectividade precária e capacidade institucional reduzida para ciência e inovação. Essas desigualdades restringem a geração local de conhecimento e a atração de investimentos, perpetuando ciclo de baixa competitividade tecnológica e dificultando o desenvolvimento sustentável desses países.

### 3.1.3 Distribuição por bases de dados

Conforme detalhado na seção metodológica, foram consultadas três bases de amplo reconhecimento na comunidade científica: Compendex, Web of Science e Scopus. A escolha justifica-se pela cobertura abrangente das áreas de engenharia, ciência e tecnologia, assegurando que os estudos analisados fossem provenientes de fontes indexadas e de qualidade.

A Figura 4 evidencia que a maior concentração de publicações elegíveis foi recuperada nas bases Compendex e Web of Science, ambas com mais de 50 estudos relevantes. O Compendex, especializado em engenharia e tecnologia, justifica sua posição de destaque. A Web of Science, por sua vez, oferece cobertura interdisciplinar que inclui periódicos de alto impacto nas áreas de construção e inteligência artificial. O Scopus, embora igualmente relevante, apresentou menor número de trabalhos alinhados ao escopo específico desta revisão.

Em síntese, os dados confirmam que a IA vem sendo explorada em múltiplas dimensões da engenharia civil – materiais, construção, energia – refletindo seu potencial transformador no setor.

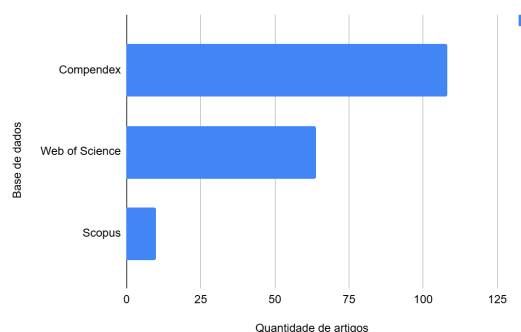


Figura 4 – Artigos por base de dados

### 3.1.4 Análise das palavras-chave

A extração e análise dos termos-chave dos artigos selecionados revela forte alinhamento com aplicações de inteligência artificial na engenharia civil, com destaque para Machine Learning, Deep Learning e diferentes algoritmos de aprendizado de máquina, empregados para modelagem, predição e suporte à

decisão. A presença de termos como Adaptive Boosting indica o uso de métodos avançados de ensemble learning para aprimorar a acurácia preditiva.

Observa-se também concentração significativa de termos relacionados a Concrete, Compressive Strength e Concrete Aggregates, sinalizando que a predição e avaliação de propriedades de materiais cimentícios constituem uma das principais frentes de aplicação da IA no setor. Esses estudos buscam estimar o desempenho de materiais de forma mais rápida, precisa e econômica, reduzindo a necessidade de ensaios experimentais extensivos e contribuindo para a otimização do desenvolvimento de materiais (Dao et al., 2020; Xu et al., 2021).

Adicionalmente, palavras-chave como Forecasting, Optimization, Statistical Tests e Cost Engineering apontam para o uso crescente da IA na previsão de resultados, otimização de processos construtivos, validação estatística de modelos e gerenciamento de custos em projetos de engenharia.

Em termos gerais, os achados indicam que a IA tem sido amplamente empregada para endereçar problemas complexos da engenharia civil, notadamente nas áreas de previsão de propriedades de materiais, otimização de processos, análise de desempenho e suporte à tomada de decisão em projetos e obras (Pan & Zhang, 2021; Xu et al., 2021).

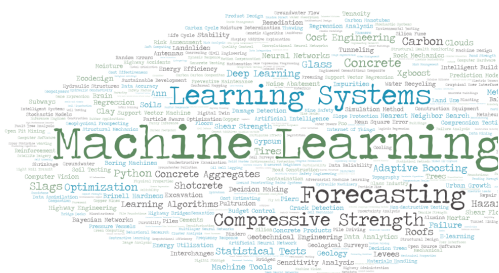


Figura 5 – Frequência dos principais termos encontrados nos artigos selecionados

### 3.1.5 Fontes dos dados utilizados

A Figura 6 apresenta a distribuição das bases de dados empregadas nos estudos analisados. Verifica-se que a maioria dos trabalhos se apoia em bancos de dados derivados da literatura, indicando forte tendência de reutilização de conjuntos de dados previamente publicados. Uma parcela significativa das pesquisas utiliza bancos de dados institucionais e dados próprios, sugerindo que muitas investigações

dependem de fontes internas ou experimentais para validação dos modelos de IA.

Outras fontes – como bases online e conjuntos especializados (KITTI, ScanNet, Google Street View) – aparecem com menor frequência, embora representem abordagens relevantes para aplicações mais específicas. Esses resultados reforçam a importância da curadoria e da acessibilidade dos dados na pesquisa em IA aplicada à engenharia civil, uma vez que a qualidade e a origem das informações impactam diretamente a robustez e a aplicabilidade dos modelos desenvolvidos.

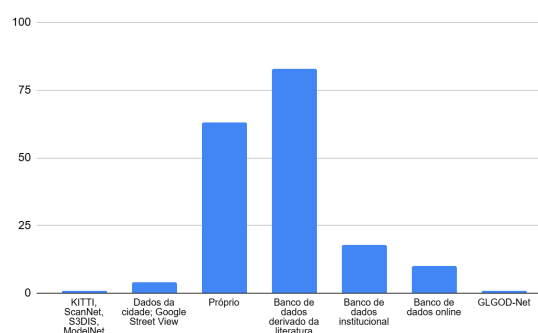


Figura 6 – Tipos de bancos de dados utilizados

## 3.2 Respostas às questões de pesquisa

### 3.2.1 Q1 – De que maneiras a IA pode ser aplicada na construção civil?

Os dados sintetizados na Figura 7 revelam que a principal aplicação da inteligência artificial na engenharia civil concentra-se na área de materiais de construção, abrangendo previsão de propriedades, otimização de composições e análise de desempenho – esta categoria responde pela maioria dos artigos analisados.

Em segundo plano, destaca-se a aplicação da IA na fase de projeto, evidenciando seu uso no apoio à modelagem, simulações e tomada de decisões mais precisas na concepção de estruturas.

A gestão de obras, embora com menor volume de publicações, emerge como campo promissor, especialmente no uso de visão computacional e sistemas preditivos para controle de cronogramas, segurança e produtividade.

Uma parcela reduzida de estudos foi classificada como "Não informado/Não se aplica", indicando ausência de especificidade ou abordagens eminentemente teóricas.

Em conjunto, esses resultados demonstram que a IA tem sido explorada prioritariamente para otimizar aspectos técnicos e operacionais da engenharia civil, com ênfase em eficiência, desempenho e qualidade dos processos.

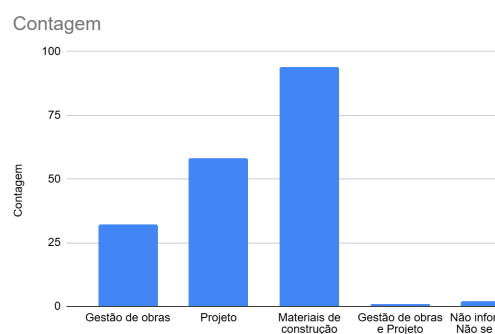


Figura 7 – Aplicações da IA na construção civil

### 3.2.2 Q2 – Quais características da IA são utilizadas no contexto estudado?

A identificação das variáveis de entrada (características) empregadas nos modelos de IA, apresentada na Figura 8, revela clara predominância de propriedades físicas dos materiais – como resistência, densidade e tipo de material. Esses atributos são fundamentais para prever o desempenho estrutural e otimizar projetos.

A dimensão também figura com destaque, evidenciando o uso da IA para cálculos espaciais e estruturais.

Por outro lado, características como sons e consumo apresentam frequência reduzida, sugerindo que as aplicações de IA ainda estão mais voltadas a aspectos físicos e estruturais do que a análises acústicas ou eficiência energética. O uso de imagens e tempo também aparece em menor escala, indicando que, apesar dos avanços em visão computacional e previsão temporal, essas abordagens permanecem secundárias frente à análise direta de propriedades de materiais.

A categoria "Não se aplica" pode indicar que alguns estudos não especificam claramente as características de entrada ou que abordagens baseadas em IA estão sendo aplicadas em contextos mais abstratos, como otimização de processos ou inferências indiretas. Esse achado sugere um campo ainda em evolução, onde diferentes características poderão ser exploradas futuramente para ampliar o potencial da IA na engenharia civil.

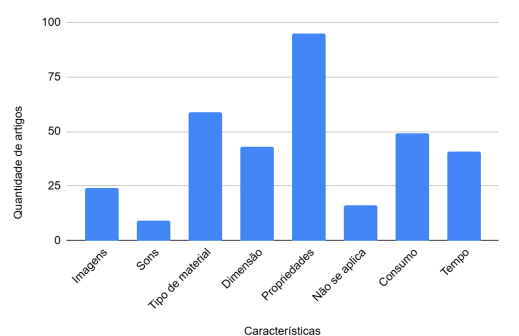


Figura 8 – Características (variáveis de entrada) utilizadas nos modelos de IA

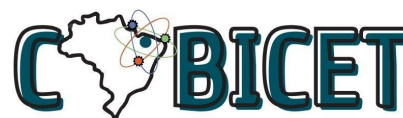
### 3.2.3 Q3 – Quais técnicas de IA são mais frequentemente empregadas?

Entre as técnicas mais recorrentes identificadas na revisão, o Random Forest destacou-se como a abordagem de maior frequência, conforme ilustrado na Figura 9. Sua popularidade pode ser atribuída à capacidade de lidar com relações não lineares, reduzir sobreajuste (overfitting) e fornecer previsões robustas mesmo em conjuntos de dados complexos. Exemplificando essa aplicação, Roshan & Abdelrahman (2024) empregaram Random Forest juntamente com outros métodos de ensemble para prever a resistência à abrasão de agregados utilizados em pavimentação, demonstrando que modelos baseados em ensemble learning alcançam elevada precisão preditiva.

As artificial neural networks (ANN) também figuraram com destaque, especialmente em aplicações de previsão e otimização de consumo energético. Bui et al. (2022) demonstraram que modelos de ANN combinados com algoritmos de otimização (ex.: Firefly Algorithm – FA) podem prever com acurácia o consumo energético de edifícios. Estudos anteriores já haviam utilizado ANN para controle térmico (Moon, Lee & Kim, 2014) e otimização de materiais de construção (Dao et al., 2020), reforçando a versatilidade dessa técnica.

As convolutional artificial neural networks (C-ANN) mostraram-se particularmente eficazes para previsão de propriedades do concreto, permitindo estimativas precisas de resistência à compressão e densidade. Zhou et al. (2022) combinaram elementos finitos (FEM) com redes convolucionais unidimensionais (1D-CNN) para detecção de danos estruturais com alta precisão. Esses resultados indicam que as C-ANN podem reduzir a necessidade de experimentação física, otimizando processos e reduzindo custos na construção civil (Moon, Lee & Kim, 2014; Dao et al., 2020; Zhou et al., 2022).

Outras técnicas com presença relevante incluem k-nearest neighbor (KNN) e Support Vector Machine



(SVM) – métodos populares de aprendizado supervisionado, frequentemente empregados para classificação e regressão. Métodos de ensemble como XGBoost, Bagging e Adaboost também aparecem com frequência, reforçando a tendência de uso de modelos combinados para melhoria da acurácia preditiva.

A diversidade de técnicas evidencia que não há uma abordagem única predominante, mas sim um conjunto de métodos sendo explorados para diferentes aplicações dentro da engenharia civil. Isso sugere a necessidade de avaliar caso a caso a técnica mais adequada, dependendo do tipo e da complexidade dos dados disponíveis.

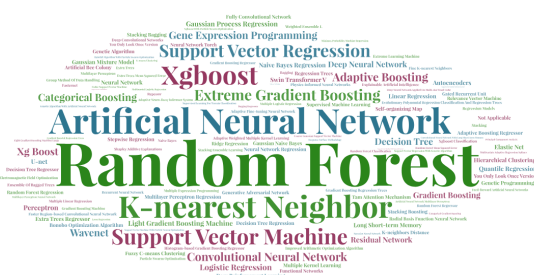


Figura 9 – Técnicas de IA mais utilizadas

#### 3.2.4 Q4 – Quais limitações ou desafios têm sido apontados nos estudos?

A Figura 10 sintetiza as principais limitações relatadas nos artigos analisados.

A disponibilidade de dados figura como a restrição mais frequentemente mencionada, indicando que muitos estudos enfrentam obstáculos relacionados ao acesso a conjuntos de dados suficientes e de qualidade – requisito essencial para o treinamento robusto de modelos de IA.

Uma parcela significativa dos estudos foi classificada como "Não informado ou não se aplica", revelando que parte considerável da literatura não relata de forma explícita as restrições enfrentadas ou não apresenta limitações diretamente vinculadas ao uso da IA.

A irregularidade dos dados também foi apontada, abrangendo problemas como dados incompletos, inconsistentes ou com ruídos, os quais podem comprometer a acurácia dos modelos desenvolvidos.

Outra limitação observada foi a presença de dados não representativos para todos os casos, indicando que, em alguns estudos, os conjuntos de dados não cobriam diversidade suficiente de cenários, o que pode restringir a generalização dos resultados.

Em síntese, os achados reforçam que qualidade e disponibilidade dos dados são fatores críticos para a aplicação bem-sucedida da IA na engenharia civil. A ausência de relato de limitações em muitos artigos também aponta para a necessidade de maior transparência e detalhamento metodológico em pesquisas futuras.

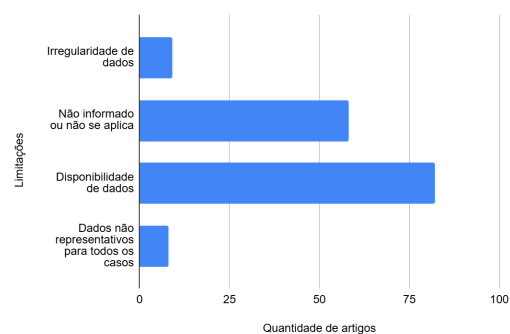


Figura 10 – Limitações encontradas nos estudos

## CONCLUSÃO

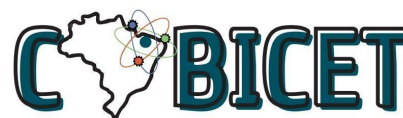
Esta revisão sistemática investigou a aplicação da inteligência artificial na construção civil entre 2020 e 2025, com base em 183 estudos indexados na Scopus, Web of Science e Compendex, seguindo o protocolo de Kitchenham (2004).

Os achados indicam que a IA é empregada prioritariamente na análise e otimização de materiais de construção, especialmente para previsão de resistência à compressão e desempenho estrutural. Observa-se também uso crescente nas fases de projeto e gestão de obras, com ênfase em suporte à decisão e previsão de riscos.

As técnicas mais frequentes Random Forest, ANN, KNN e SVM revelam a predominância de métodos supervisionados voltados à predição e modelagem. Não há, contudo, uma abordagem única consolidada; as estratégias variam conforme o tipo de dado e o problema tratado.

As principais limitações relatadas referem-se à disponibilidade, qualidade e representatividade dos dados. A falta de detalhamento metodológico em parte dos estudos também sinaliza a necessidade de maior rigor e transparência.

Como contribuição, este trabalho sistematiza o estado da arte sobre IA na construção civil, oferecendo panorama atualizado de tendências, lacunas e oportunidades. Os resultados reforçam o potencial transformador da IA para ampliar eficiência, reduzir custos, melhorar sustentabilidade e otimizar processos no setor.



Entre as limitações desta própria pesquisa, destacam-se: restrição a artigos em inglês, recorte temporal (2020–2025) e uso de apenas três bases de dados. Para estudos futuros, sugere-se ampliar o período de análise, incluir outras bases e investigar aplicações emergentes – como integração da IA com BIM, Internet das Coisas e sistemas de construção inteligente.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Náthalee Cavalcanti, que acreditou no meu potencial e me abriu muitas portas, proporcionando diversas oportunidades dentro da universidade. Serei eternamente grata por tudo o que fez por mim.

#### REFERÊNCIAS

- BUI, Dac-Khuong; NGUYEN, Tuan Ngoc; NGO, Tuan Duc; NGUYEN-XUAN, H. An artificial neural network (ANN) expert system enhanced with the electromagnetism-based firefly algorithm (EFA) for predicting the energy consumption in buildings. *Energy*, v. 190, p. 116370, 2020. DOI: 10.1016/j.energy.2019.116370.
- DAO, Dong Van; LY, Hai-Bang; VU, Huong-Lan Thi; LE, Tien-Thinh; PHAM, Binh Thai. Investigation and optimization of the C-ANN structure in predicting the compressive strength of foamed concrete. *Materials*, v. 13, n. 5, p. 1072, 2020. DOI: 10.3390/ma13051072.
- KITCHENHAM, Barbara. Procedures for performing systematic reviews. Keele: Keele University, 2004. (Keele University Technical Report TR/SE-040).
- KOSKELA, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Reinventing construction: a route to higher productivity. New York: McKinsey Global Institute, 2017.
- MOON, Jin Woo; LEE, Ji-Hyun; KIM, Sooyoung. ANN-based thermal control logic for double skin envelopes in winter. *Energies*, v. 7, n. 11, p. 7245-7264, 2014. DOI: 10.3390/en7117245.
- PAN, Y.; ZHANG, L. Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: a critical review and future trends. *Automation in Construction*, v. 122, 2021.
- ROSHAN, Alireza; ABDELRAHMAN, Magdy. Improving aggregate abrasion resistance prediction via Micro-Deval test using ensemble machine learning techniques. *Engineering Journal, Bangkok*, v. 28, n. 3, p. 15-24, 2024. DOI: 10.4186/ej.2024.28.3.15.
- RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.
- UNESCO. Science Report: the race against time for smarter development. Paris: UNESCO Publishing, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- WORLD ECONOMIC FORUM. Shaping the future of construction: a breakthrough in mindset and technology. Geneva: World Economic Forum, 2016.
- XU, Y.; ZHOU, Y.; SEKULA, P.; DING, L. Machine learning in construction: From shallow to deep learning. *Developments in the Built Environment*, v. 6, p. 100045, 2021.
- ZHOU, Yujue; ZHENG, Yonglai; LIU, Yongcheng; PAN, Tanbo; ZHOU, Yubao. A hybrid methodology for structural damage detection uniting FEM and 1D-CNNs: Demonstration on typical high-pile wharf. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 168, art. 108738, p. 1–23, 2022. DOI: 10.1016/j.ymssp.2021.108738.