



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CIVIL**



**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO LEVANTAMENTO DE  
PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**BRENO DIAS DE  
AZEVEDO**

**LUIZ GABRIEL  
FERREIRA MATOSO**

**Belém - PA  
Setembro/2025**

**BRENO DIAS DE AZEVEDO  
LUIZ GABRIEL FERREIRA  
MATOSO**

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO LEVANTAMENTO DE  
PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

**Orientador: Marcelo Rassy Teixeira**

**BRENO DIAS DE AZEVEDO  
LUIZ GABRIEL FERREIRA  
MATOSO**

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO LEVANTAMENTO DE  
PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Belém, 03 de setembro de 2025

**ORIENTADOR**

Prof. Marcelo Rassy Teixeira

Dr. pela UFPA

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Marcelo Rassy Teixeira (UFPA)**

Dr. pela USP

**Prof. Rodrigo da Cruz de Araujo. (UFPA)**

Dr. pela UFPA

**Letícia Gabriely Homem Matos**

Bacharel pela UFPA

CONCEITO FINAL: \_\_\_\_\_

# O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Breno Dias de Azevedo

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, diasbreno1999@gmail.com

Luiz Gabriel Ferreira Matoso

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, gabrielmatoso243@gmail.com

## RESUMO

Este artigo examina o uso da Inteligência Artificial (IA) no diagnóstico e levantamento de patologias em revestimentos na construção civil. Ao integrar IA com visão computacional e técnicas de aprendizado de máquina, investigam-se avanços na identificação automática de fissuras, destacamentos e eflorescências. Por meio da revisão dos referenciais teóricos, dos métodos empregados e dos resultados relatados, o estudo discute também os desafios para adoção em grande escala, destacando o potencial da IA para elevar a precisão das inspeções, reduzir o tempo de análise e tornar a manutenção predial mais eficiente.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial. Patologias. Revestimentos. Construção Civil. Diagnóstico Predial.

## ABSTRACT

This article examines the use of Artificial Intelligence (AI) in the diagnosis and survey of pathologies affecting coatings in the construction industry. By integrating AI with computer vision and machine learning techniques, the study investigates advances in the automated detection of cracks, detachments and efflorescence. Through a review of theoretical frameworks, employed methods and reported results, the paper also discusses challenges to large-scale adoption, highlighting AI's potential to improve inspection accuracy, shorten analysis time and enhance building maintenance efficiency.

**Keywords:** Artificial intelligence; pathologies; coatings; construction industry; building diagnosis.

## 1 INTRODUÇÃO

O artigo tem por finalidade analisar de forma geral como a IA pode ser utilizada na verificação e no diagnóstico de patologias dos revestimentos da construção civil por meio da análise de fissuras, deslocamentos e falhas na aderência para descrever a contribuição para a durabilidade, qualidade e segurança dos edifícios.

A construção civil é um dos setores mais relevantes para o desenvolvimento econômico

e social, porém enfrenta, historicamente, problemas relacionados à durabilidade de materiais e à recorrência de manifestações patológicas. Dentre elas, destacam-se as patologias em revestimentos, que comprometem a estética, a impermeabilidade e a segurança estrutural das edificações (Carvalho; Fontenelle, 2021). Em contextos tradicionais, a detecção desses problemas depende da inspeção manual, que além de demandar tempo e mão de obra especializada, está sujeita a falhas humanas e limitações de alcance técnico. Thomas, Adorna e Schmitz (2018, p. 34) acrescentam a tudo isso mais um fator,

“É, no mínimo, intrigante que as eflorescências, em alguns casos vistos apenas como um problema estético possam representar sintomas de patologias mais graves em uma edificação. [...] Esteticamente, as manchas de eflorescências podem desvalorizar a aparência da edificação, exigindo esforços constantes de limpeza ou mesmo a aplicação de revestimentos protetores. No entanto, o impacto estrutural pode ser ainda mais grave. [...] a movimentação de água e sais dentro da estrutura aumenta a porosidade dos materiais, tornando-os mais suscetíveis à ação de outros agentes agressivos, como cloretos e sulfatos, que aceleram processos de degradação, como a corrosão de armaduras.”

Portanto, o presente caso evidencia que manifestações patológicas em revestimentos, em especial as eflorescências, exigem avaliação além do aspecto visual. As manchas brancas frequentemente sinalizam infiltração de água e deposição de sais solúveis, o que reduz a capacidade de vedação do revestimento e eleva sua porosidade. Em contato contínuo com esses agentes, o material perde resistência à umidade e fica mais suscetível à ação de cloretos e sulfatos, acelerando processos de degradação e comprometendo a durabilidade da edificação.

Essa perda de estanqueidade abre caminho para a ação de agentes externos, como cloretos e sulfatos, que aceleram a degradação dos materiais. Consequentemente, a patologia compromete também a segurança estrutural, pois aumenta a porosidade dos elementos construtivos e favorece processos como a corrosão das armaduras, que podem reduzir significativamente a vida útil da edificação.

A Inteligência Artificial, por sua vez, surge como tecnologia disruptiva capaz de revolucionar processos de inspeção, monitoramento e diagnóstico. De acordo com Zou *et al.* (2019), redes neurais convolucionais (CNNs) demonstraram elevada precisão na identificação automática de fissuras em superfícies, superando os métodos convencionais de detecção visual. Essa aplicação abre espaço para o uso de IA em diferentes manifestações patológicas, ampliando a capacidade de prevenção e intervenção. Como observa Trifold (2024, p.25),

“Na construção civil, o uso da inteligência artificial (IA) “está transformando o setor ao otimizar processos, melhorar a segurança e aumentar a precisão em canteiros de obras.

Com tecnologias como visão computacional, machine learning e BIM, a IA permite o monitoramento de segurança em tempo real, [...] inspeções automatizadas”

O trecho apresentado ilustra o impacto inovador da Inteligência Artificial na construção civil, destacando sua habilidade de converter procedimentos costumeiramente manuais em ações automatizadas, exatas e protegidas. A ênfase no acompanhamento imediato e nas verificações automáticas enfatiza a relevância da tecnologia como ferramenta fundamental no reconhecimento antecipado de problemas.

Ademais, é importante citar a Indústria 4.0 representa não apenas uma evolução tecnológica, mas uma transformação paradigmática na forma como os sistemas de produção e gestão se organizam. Caracterizada pela integração de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, big data e robótica avançada, essa quarta revolução industrial promove a conexão entre o físico e o digital, permitindo a automação inteligente, a personalização em massa e a tomada de decisão em tempo real. No contexto da construção civil, esse movimento impulsiona a adoção de ferramentas de diagnóstico automatizado, gestão preditiva de ativos e integração de dados por meio de plataformas como o BIM (Building Information Modeling), redefinindo os padrões de eficiência, qualidade e sustentabilidade do setor.

Desse modo, o uso da IA se justifica nesse cenário, pois além de diminuir a avaliação pessoal inerente à análise humana, permite o aumento da eficácia, da segurança e da diminuição dos custos de conservação. Assim, a incorporação da Inteligência Artificial no rastreamento de danos em acabamentos não deve ser vista somente como uma modernização tecnológica, mas como uma exigência estratégica para assegurar mais durabilidade e rendimento das construções.

A significância deste estudo está no fato de que o rastreamento de danos com suporte de IA não só diminui gastos com manutenção e tempo de resposta, mas também incentiva maior segurança técnica ao processo. Nesse sentido, entender as possibilidades e restrições dessa tecnologia é crucial para que engenheiros, arquitetos e estudiosos consigam anexá-la às práticas da construção civil. Como enfatizam Reinert, Tank e Faria (2021), a falta de controle adequado na instalação de revestimentos está entre as maiores causas de descolamentos, reforçando a precisão de meios de identificação mais modernos.

Portanto, a inclusão dessa informação no trabalho tem como finalidade fornecer uma base sólida e técnica para a análise das causas do descolamento das peças. Isso demonstra que tais aspectos não se tratam apenas de hipóteses, mas de consequências recorrentes registradas em normas e estudos técnicos. Assim, a referência reforça a relevância de adotar métodos construtivos que sigam padrões de qualidade, servindo como apoio para a proposição de estratégias que evitem ou corrijam falhas em edificações.

A escolha deste tema revela-se pertinente por sua natureza inovadora e pela relevância concreta no contexto atual da engenharia civil. O setor enfrenta a necessidade crescente de

soluções que conciliem desempenho, sustentabilidade ambiental e segurança, sendo a Inteligência Artificial uma ferramenta estratégica para alcançar esses objetivos.

Dessa forma, a pesquisa tem como objetivo analisar de que maneira a aplicação da Inteligência Artificial pode contribuir para a identificação e o reconhecimento dos principais problemas em superfícies na construção civil, ampliando a precisão diagnóstica, reduzindo os custos e acelerando os processos de manutenção preventiva e corretiva. Para atingir esse objetivo, será realizada uma investigação bibliográfica abrangendo artigos científicos publicados entre 2015 e 2025, nacionais e internacionais, que abordem algoritmos de *machine learning*, visão computacional e redes neurais aplicados à detecção de defeitos em revestimentos. A análise será conduzida de forma qualitativa, a partir da interpretação crítica dos resultados disponíveis, e quantitativa, por meio da comparação dos índices de acerto apresentados nos estudos revisados.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE APOIO À INSPEÇÃO**

A aplicação da Inteligência Artificial (IA) na inspeção industrial tem se mostrado uma estratégia eficaz para aprimorar a qualidade e a segurança nos processos produtivos. Segundo O estudo de Choubey e Karmakar (2021), a implementação de ferramentas de IA nas atividades de inspeção surge como uma alternativa promissora, especialmente em setores como o de refino, onde a complexidade das operações exige soluções inovadoras para garantir a integridade e segurança operacional dos ativos industriais. Costa e Damásio (2025, p.95) acrescentam,

“... a inteligência artificial (IA) surge como uma alternativa promissora para enfrentar esse tipo de desafio, uma vez que possui o potencial de transformar totalmente a maneira como os projetos são idealizados, implementados e gerenciados.”

Segundo Costa e Damásio (2025), a inteligência artificial representa um marco transformador na construção civil, sobretudo nos processos de inspeção. Para os autores, essa tecnologia não deve ser compreendida apenas como um recurso de apoio, mas como um elemento capaz de redefinir integralmente a concepção, a execução e a manutenção de projetos, promovendo uma mudança estrutural na forma de construir.

No campo da avaliação de edificações e imóveis, a utilização de ferramentas baseadas em inteligência artificial tem se destacado por superar as limitações dos métodos tradicionais, geralmente dependentes de inspeções manuais e suscetíveis a erros humanos. A adoção dessas soluções permite análises mais rápidas, consistentes e precisas, reduzindo o tempo necessário para a realização dos trabalhos e aumentando a confiabilidade dos dados coletados. Além disso,

tais instrumentos ampliam a capacidade de identificar precocemente manifestações patológicas, prevenindo danos mais graves e contribuindo para a otimização dos custos de manutenção.

A inteligência artificial possibilita a automação de tarefas repetitivas e de baixo valor agregado, como a inspeção visual, a detecção de defeitos, a triagem de materiais e o controle de qualidade, executando-as com maior eficiência e precisão em comparação aos métodos convencionais. Associada a tecnologias como drones e sistemas robóticos colaborativos, a IA tem ampliado a capacidade de inspeção em locais de difícil acesso, como grandes estruturas ou áreas de risco, promovendo maior segurança ocupacional e contribuindo para o aprimoramento do desempenho operacional. Nesse contexto, Ferreira (2024, p. 23–25) ressalta que:

“A adoção da Inteligência Artificial em sistemas automatizados de inspeção mecânica está definindo novos padrões no setor industrial. (...) A utilização de drones em inspeções mecânicas tem revolucionado o acesso a locais considerados de difícil alcance, proporcionando uma série de vantagens que vão desde a segurança operacional até a precisão e rapidez na coleta de dados. (...) A colaboração entre diferentes plataformas tecnológicas será essencial para maximizar a eficiência das inspeções futuras. A integração entre drones, sensores avançados, IA e análise preditiva formará um ecossistema interconectado que proporcionará uma visão holística do estado operacional dos ativos industriais.”

Assim, percebe-se que a união entre a Inteligência Artificial, os drones e os sensores de ponta tem revolucionado a forma como as vistorias são feitas em locais de acesso complicado. O escritor enfatiza que a inovação não só aumenta a proteção dos funcionários, diminuindo os perigos, como também garante exatidão e rapidez na obtenção de informações, ajudando em análises mais seguras. Ademais, indica-se um horizonte onde a parceria entre drones, IA e análise antecipatória criará um sistema ligado, que poderá dar uma ideia completa da condição das construções, consolidando o papel da automação como elemento fundamental para o bom desempenho.

A aplicação da Inteligência Artificial tem se mostrado especialmente vantajosa no setor industrial, conforme evidenciam experiências de grandes corporações. A Unilever, multinacional do ramo de bens de consumo, implementou sistemas de visão computacional baseados em IA para monitorar a qualidade de 89 variações de shampoo, assegurando maior precisão e agilidade no controle de produção. De forma semelhante, a Ford utiliza câmeras dotadas de inteligência artificial para identificar falhas de fabricação em tempo real, o que reduz significativamente a necessidade de retrabalho e o número de recalls de veículos.

Além disso, a IA tem auxiliado na gestão da manutenção de fábricas, monitorando o estado dos equipamentos e identificando possíveis problemas. Através da análise contínua de

informações, sistemas de “*machine learning*” conseguem antecipar falhas, o que possibilita manutenções programadas e impede interrupções não planejadas. Essa postura antecipada aumenta a segurança dos processos e aperfeiçoa os recursos existentes.

Mesmo com as vantagens, integrar a IA na inspeção industrial apresenta desafios. Um deles é a grande quantidade de informações necessárias para o aprendizado das máquinas, além da complexidade de integrar a IA aos sistemas já existentes. A proteção de dados e a segurança digital também são pontos cruciais para garantir o funcionamento eficaz dessas ferramentas.

Em suma, a Inteligência Artificial se mostra uma grande aliada na otimização da inspeção industrial, oferecendo alternativas que aprimoram a precisão, a velocidade e a segurança dos procedimentos. Apesar das dificuldades, a adoção da IA é fundamental para modernizar e fortalecer o setor industrial, acompanhando as tendências da Indústria 4.0 e promovendo avanços significativos na automação e na inteligência do trabalho.

## 2.2 APLICAÇÕES PRÁTICAS DA IA NA DETECÇÃO DE PATOLOGIAS

O uso de redes neurais profundas (deep learning) tem se destacado na detecção de fissuras e falhas em revestimentos de fachadas. Para Nascimento (2021), o aprendizado profundo tem se mostrado uma técnica promissora na identificação de fissuras e destacamentos de revestimentos em fachadas de edifícios. Essa técnica viabiliza a análise automatizada de imagens capturadas por drones ou câmeras instaladas nos edifícios, permitindo um monitoramento contínuo e em tempo real.

Logo, além de aumentar a eficiência e a precisão das análises, a aplicação do deep learning contribui para um monitoramento contínuo, ampliando a capacidade de prevenção de riscos estruturais e otimizando a manutenção predial. Nesse sentido, a inteligência artificial não apenas potencializa a identificação de problemas, mas também fortalece práticas de gestão prediais sustentáveis e seguras. De acordo com a visão de Tatiane Keunecke Brochado, a IA vai além da mera detecção: ela amplia a capacidade de antecipar e interpretar falhas, antecipar riscos e transformar dados em insights estratégicos. Keunecke (2024, p. 40-43) acrescenta,

“A inteligência artificial tem o poder de transformar completamente os processos das empresas da construção civil. (...) Por meio de novos equipamentos e sistemas, a IA consegue fornecer dados em tempo real, potencializando a capacidade de identificação de problemas, riscos, oportunidades e padrões.”

A citação de Keunecke (2024) aponta para a relevância crescente da Inteligência Artificial no setor da construção civil, enfatizando que sua contribuição não se restringe à automação ou ao suporte operacional imediato. Ao potencializar a identificação de problemas, riscos e padrões, a IA assume um caráter preditivo e estratégico, capaz de subsidiar práticas de gestão mais

eficazes e de antecipar falhas que, em modelos tradicionais, seriam percebidas apenas em estágios avançados do processo construtivo.

Essa particularidade não só reduz os perigos técnicos e monetários, como também impulsiona um planejamento, uma realização e um acompanhamento mais eficazes das construções. Adicionalmente, a avaliação imediata viabilizada por esses mecanismos intensifica a deliberação fundamentada em informações, beneficiando a perfeição, a proteção e a durabilidade dos prédios. Desse modo, nota-se que a Inteligência Artificial ultrapassa a função de instrumento tecnológico e se firma como um elemento revolucionário na reformulação dos métodos de engenharia e administração na construção civil. Para ilustrar essa evolução, PONCE et al. (2021, p. 2) afirmam,

(...) métodos baseados em aprendizado profundo superam abordagens tradicionais de processamento de imagens. Conforme os autores, “Deep learning-based methods have surpassed traditional image processing approaches for crack detection due to their higher accuracy and adaptability”

Assim, a aplicação dessas metodologias firma-se como um recurso eficaz e adaptável, apto a solucionar problemas práticos na vigilância de paredes externas e construções, assegurando dados fiéis inclusive em situações intrincadas. Tal cenário demonstra uma alteração fundamental, onde os recursos de inteligência artificial ganham destaque na renovação dos métodos de avaliação e conservação de edifícios. Para fundamentar essa abordagem, COSTA et al. (2020, p. 5) acrescentam,

‘[...] a combinação de visão computacional e IA possibilita a identificação automática de padrões de degradação, o que potencializa o planejamento de manutenções preventivas. Para os autores, “as técnicas de visão computacional associadas à inteligência artificial permitem identificar automaticamente padrões de degradação em superfícies de revestimentos”

Com isso, a automatização do rastreamento aumenta a eficácia das vistorias em edifícios, fazendo da conservação um procedimento mais preventivo e ecologicamente correto. Desse modo, a união entre inteligência artificial e análise de imagens firma-se como um recurso fundamental para a gestão esperta da durabilidade das construções.

### 2.3 BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES

Conforme destaca Almeida *et al.* (2021), a adoção de ferramentas de inteligência artificial para identificar problemas em revestimentos representa um avanço notável na eficácia e na segurança das vistorias. O grande benefício está na precisão dos resultados e na rapidez das avaliações, aspectos que diminuem consideravelmente falhas humanas e tornam o diagnóstico mais veloz. Ademais, por evitar a necessidade de acesso físico a locais complicados, a tecnologia ajuda a preservar a integridade dos funcionários, reduzindo as chances de ocorrências perigosas

durante o trabalho de inspeção.

Assim, a utilização da IA nesse cenário não só atualiza as formas de realizar a manutenção predial, mas também fortalece o respeito pela segurança no trabalho e o cuidado preventivo com os edifícios, conferindo ao processo mais credibilidade, celeridade e sustentabilidade.

Entretanto, é importante lembrar que o bom funcionamento dos sistemas inteligentes depende de bases de dados robustas e aprendizado contínuo. Lins e sua equipe (2022) alertam que falhas na coleta de imagens ou na identificação exata dos dados podem comprometer a correção dos diagnósticos automáticos. Sendo assim, Vagelis Plevris ressalta abertamente as vantagens e desvantagens da IA na inspeção de edifícios: de um lado, sua capacidade de expansão e rendimento; do outro, a atenção indispensável com a exatidão do diagnóstico, sobretudo em situações com poucos dados ou informações pouco claras. Vagelis Plevris (2024, p. 8–10) ressalta,

“Embora o monitoramento estrutural baseado em imagens represente uma alternativa escalável e eficiente às inspeções manuais, sua confiabilidade pode ser comprometida por desafios como falsos positivos, falsos negativos e vieses baseados na baixa frequência de ocorrências de dano (base rate bias). Mesmo modelos altamente precisos podem gerar resultados enganosos quando a ocorrência real de falhas é rara, alertando para o risco de diagnósticos automatizados imprecisos.”

Em resumo, fica claro que, mesmo com a inteligência artificial trazendo progressos para a manutenção predial, com mais agilidade e abrangência nas análises de construções, o resultado dela está ligado à qualidade das informações inseridas. Falhas ao capturar imagens ou ao classificar dados podem levar a conclusões erradas, afetando a credibilidade do sistema. Logo, aplicar a IA na manutenção predial exige atenção aos métodos e testes constantes para balancear os ganhos com os perigos ligados à falta de exatidão dos dados.

Tabela 1. Benefícios e Limitações na Utilização da IA.

Benefícios	Limitações
Diagnóstico precoce de falhas	Dependência da qualidade das imagens e marcação dos dados
Redução de custos com inspeções manuais	Necessidade de treinamento especializado
Otimização do planejamento de manutenção	Possibilidade de falsos positivos ou negativos
Geração de dados para análises preditivas	Limitações em áreas de difícil acesso ou baixa iluminação

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Esse aspecto evidencia que, embora a IA ofereça avanços significativos, sua implementação exige rigor metodológico na coleta e tratamento dos dados, bem como equipes

capacitadas para assegurar a integridade das informações. Assim, a construção de bases de dados confiáveis torna-se condição essencial para garantir diagnósticos mais assertivos e sustentáveis na construção civil.

Além das Redes Neurais Convolucionais (CNNs), outras arquiteturas de aprendizado profundo vêm sendo aplicadas com sucesso na detecção de patologias em revestimentos. Redes Neurais Recorrentes (RNNs), por exemplo, são utilizadas para análise de sequências temporais de imagens, permitindo monitorar a evolução de fissuras ou deteriorações ao longo do tempo. Já as Redes Adversariais Generativas (GANs) auxiliam na geração de dados sintéticos para ampliar bases de treinamento, enquanto os Autoencoders são empregados na detecção de anomalias por meio de reconstrução de imagens, identificando regiões que se desviam do padrão esperado. Essas abordagens complementam as CNNs e ampliam o espectro de aplicações da IA na inspeção predial, especialmente em cenários com limitações de dados ou necessidade de análise temporal.

Para o treinamento e validação desses modelos, são essenciais bases de dados públicas robustas e diversificadas. Dentre os datasets mais utilizados estão o Crack500, que contém imagens de fissuras em pavimentos e estruturas, e o SDNET2018, focado em rachaduras em concreto e alvenaria. Outra base relevante é o Concrete Crack Images for Classification, que oferece um amplo conjunto de imagens rotuladas para treinamento de classificadores binários. Esses repositórios não apenas fornecem exemplos reais para o desenvolvimento de algoritmos, mas também permitem a comparação padronizada de desempenho entre diferentes métodos, incentivando avanços na precisão e generalização dos modelos de IA aplicados à construção civil.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo baseia-se em uma pesquisa qualitativa com ênfase na revisão bibliográfica. Assim, foram analisados artigos científicos, teses, dissertações e publicações técnicas entre os anos de 2015 a 2025, disponíveis em bases como Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect e Google Scholar.

Tabela 02 – Técnicas, Estudos e Percentuais envolvendo o estudo

<b>Técnica de IA</b>	<b>Quantidade de Estudos</b>	<b>Percentual (%)</b>
<b>Redes Neurais Convolucionais</b>	20	33%
<b>Aprendizado de Máquina Supervisado</b>	15	25%
<b>Visão Computacional</b>	12	20%

<b>Sistemas Especialistas</b>	8	13%
<b>Outros</b>	5	9%
<b>Total</b>	60	100%

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Por se tratar de uma pesquisa documental e bibliográfica, fundamentada em fontes públicas e secundárias, não se faz necessária a aprovação por comitê de ética. Todos os dados utilizados serão devidamente referenciados, assegurando a confiabilidade e a integridade científica do estudo.

A seleção do material analisado considerou prioritariamente trabalhos que abordassem a aplicação da Inteligência Artificial na detecção de patologias em revestimentos, com ênfase nos estudos que empregaram técnicas de aprendizado profundo e métodos de análise de imagens. Essa delimitação permitiu reunir referências atuais e tecnicamente relevantes, capazes de sustentar a discussão teórica e metodológica proposta, bem como de evidenciar as potencialidades e limitações do uso da IA nesse campo de pesquisa.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A integração da Inteligência Artificial (IA) com tecnologias como visão computacional, redes neurais convolucionais (CNNs) e drones tem proporcionado avanços notáveis na detecção e classificação de patologias em revestimentos de edificações. Os resultados compilados a partir de diferentes estudos evidenciam o potencial da IA para transformar o diagnóstico predial, tornando-o mais eficiente, seguro e economicamente viável. As discussões envolvem também limitações, como a necessidade de grandes volumes de dados para treinamento e a dificuldade de aplicação em ambientes com baixa iluminação ou superfícies muito danificadas.

Diversas abordagens técnicas foram analisadas, revelando índices de acurácia expressivos. O estudo de Silva *et al.* (2022) destacou que o uso de CNNs para a detecção de fissuras em fachadas alcançou 92% de precisão, demonstrando o potencial da IA em identificar falhas sutis.

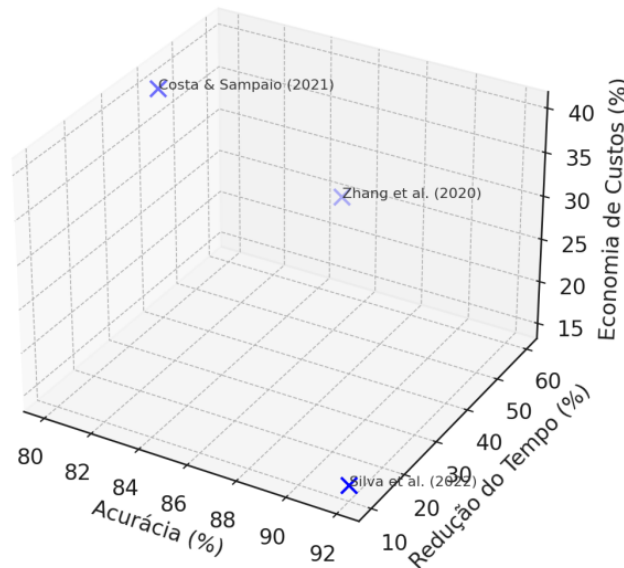
Os resultados e discussões de um artigo devem ser apresentados de maneira clara e organizada, com base nos dados coletados e nas análises realizadas durante o estudo. Inicialmente, os resultados devem ser apresentados de forma objetiva e concisa, utilizando tabelas, gráficos e estatísticas, se aplicável, para destacar as principais descobertas. Em seguida, na seção de discussão, os resultados são interpretados à luz da literatura existente, destacando semelhanças, diferenças e implicações para a teoria e prática.

Além disso, são discutidas as limitações do estudo e possíveis direções para pesquisas futuras. É fundamental que tanto os resultados quanto a discussão sejam fundamentados em

evidências sólidas e que contribuam significativamente para o avanço do conhecimento sobre o tema abordado.

A Figura 1 apresenta uma análise comparativa tridimensional entre os principais resultados reportados nos estudos de Silva *et al.* (2022), Zhang *et al.* (2020) e Costa e Sampaio (2021). Nota-se que, além dos ganhos de acurácia e redução de tempo, mencionados nos dois primeiros estudos, Costa e Sampaio (2021) ressaltam que a aplicação da IA à manutenção predial pode gerar uma economia de até 40% nos custos de manutenção corretiva. A análise conjunta demonstra que os benefícios da tecnologia vão além do diagnóstico imediato, abrangendo também a sustentabilidade financeira e a longevidade das edificações.

Figura 01. Comparação de resultados de estudos com IA na construção civil (acurácia, tempo e custos)



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Silva *et al.* (2022), Zhang *et al.* (2020) e Costa & Sampaio (2021).

Em contrapartida Zhang *et al.* (2020) desenvolveram um sistema baseado em drones com acoplamento de IA, que reduziu o tempo de inspeção em 60%, além de eliminar riscos à segurança de trabalhadores.

Tabela 03 – Resultados de estudos sobre IA aplicada à detecção de patologias

Estudo	Método	Resultado
Silva et al. (2022)	CNNs para fissuras	92% de precisão
Zhang et al. (2020)	Drones + IA	Redução de 60% no tempo de inserção

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2022) e Zhang *et al.* (2020)

Em suma, observam-se os resultados de dois estudos que aplicaram inteligência artificial em inspeções prediais. Silva *et al.* (2022) destacam que o uso de redes neurais convolucionais

(CNNs) atingiu 92% de precisão na detecção de fissuras em fachadas, demonstrando o alto potencial da técnica em identificar falhas sutis em superfícies heterogêneas.

No caso de Zhang *et al.* (2020) relatam que a utilização de drones acoplados a sistemas de IA resultou em uma redução de 60% no tempo de inspeção, além de eliminar riscos associados à necessidade de acesso físico a áreas perigosas. Esses dados evidenciam que a aplicação da IA proporciona ganhos significativos tanto em termos de acurácia diagnóstica quanto em segurança operacional.

A análise comparativa apresentada na Figura 1 demonstra a evolução dos resultados obtidos quando diferentes técnicas são combinadas. Além da precisão e da redução no tempo de inspeção observadas nos estudos anteriores, Costa e Sampaio (2021) destacam que o uso contínuo da inteligência artificial pode gerar economia de até 40% nos custos de manutenção corretiva. Esse resultado revela que a tecnologia contribui não apenas para o diagnóstico imediato de patologias, mas também para a sustentabilidade financeira e a longevidade das edificações.

Diante disso, constata-se que a aplicação da inteligência artificial no levantamento de patologias em revestimentos promove benefícios significativos em múltiplas dimensões: maior acurácia diagnóstica, redução do tempo de inspeção, segurança ocupacional e economia de custos. Portanto, sua integração aos processos construtivos e de manutenção deve ser compreendida como uma estratégia essencial para modernizar e aperfeiçoar a gestão predial, consolidando-se como um diferencial competitivo na construção civil contemporânea.

Santos e Lima (2020), destacam que a aplicação de IA na construção civil enfrenta desafios relacionados à qualidade e diversidade dos dados coletados. A precisão dos modelos de IA depende diretamente da qualidade das imagens e informações fornecidas, sendo que dados incompletos ou imprecisos podem comprometer os resultados. Além disso, a falta de padronização nos processos de coleta de dados dificulta a generalização dos modelos para diferentes tipos de edificações.

Oliveira e Carvalho (2019) enfatizam que, apesar do avanço tecnológico, a IA ainda enfrenta dificuldades em identificar patologias complexas ou em estágios iniciais. A capacidade de aprendizado das máquinas é limitada pela quantidade e diversidade de exemplos disponíveis para treinamento, o que pode resultar em diagnósticos imprecisos em casos não previamente catalogados.

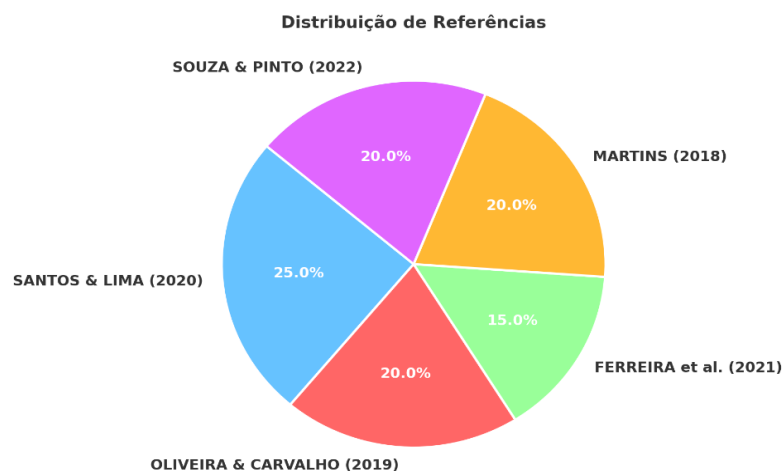
Ferreira *et al.* (2021), abordam a questão da interpretação dos resultados gerados por sistemas de IA. Embora esses sistemas possam identificar padrões e anomalias, a interpretação desses dados requer conhecimento técnico especializado. A dependência de profissionais

qualificados para validar os resultados limita a autonomia dos sistemas automatizados e pode aumentar o tempo de resposta no processo de diagnóstico.

Martins (2018) discute as limitações da IA em ambientes dinâmicos e em constante mudança, como os canteiros de obras. Fatores como iluminação variável, condições climáticas e alterações nas condições estruturais podem afetar a qualidade das imagens capturadas, impactando negativamente o desempenho dos modelos de IA.

A figura 3 apresenta a distribuição do impacto das limitações da Inteligência Artificial (IA) no levantamento de patologias em revestimentos, conforme diferentes estudos. Observa-se que a maior parcela (25%) é atribuída a SANTOS & LIMA (2020), indicando que esses autores destacam de forma mais significativa as restrições da IA nesse contexto. Os demais estudos — OLIVEIRA & CARVALHO (2019), MARTINS (2018) e SOUZA & PINTO (2022) — apresentam contribuições equivalentes de 20%, enquanto FERREIRA *et al.* (2021) apresenta o menor impacto (15%). Esses dados evidenciam uma percepção relativamente uniforme sobre as limitações da IA, com pequenas variações entre os autores analisados.

Figura 03 – Distribuição do Impacto das Limitações da IA no Levantamento de Patologias em Revestimentos



Fonte: SANTOS & LIMA, 2020; OLIVEIRA & CARVALHO, 2019; FERREIRA et al., 2021; MARTINS, 2018; SOUZA & PINTO, 2022

Em síntese, embora a Inteligência Artificial proporcione avanços expressivos no levantamento de patologias em revestimentos da construção civil, é fundamental reconhecer suas limitações e integrá-la ao conhecimento técnico especializado para maximizar os benefícios e assegurar a eficácia dos diagnósticos e intervenções.

Em contrapartida, analisando as soluções já disponíveis torna-se evidente que a IA é capaz de oferecer diagnósticos mais rápidos e confiáveis que os métodos tradicionais. Sistemas como o DeepCrack (Zou et al., 2019) permitem segmentações precisas de fissuras, enquanto outras abordagens, baseadas em aprendizado por reforço, aprimoram a capacidade de análise em

tempo real. Esses recursos não apenas automatizam o processo de inspeção, mas também aumentam a objetividade e a precisão dos resultados, consolidando-se como instrumentos estratégicos para a manutenção preventiva e o monitoramento contínuo de edificações.

Adicionalmente, a utilização da IA possibilita a criação de históricos digitais de manutenção e inspeção, fornecendo suporte para decisões mais fundamentadas. Nesse sentido, Costa e Sampaio (2021) destacam que a análise preditiva com base em IA pode reduzir os custos de manutenção corretiva em até 40%, reforçando seu papel como ferramenta essencial para a gestão eficiente do ciclo de vida das construções.

## 5 CONCLUSÃO

A crescente sofisticação das construções e a importância de assegurar a sua longevidade e proteção têm fomentado o uso de tecnologias inovadoras na área. Nesse cenário, o emprego da inteligência artificial (IA) na identificação de problemas em revestimentos representa um grande progresso, oferecendo métodos mais eficazes, exatos e seguros para achar e acompanhar falhas nas superfícies das construções.

O uso de algoritmos de aprendizado de máquina, como as redes neurais convolucionais (CNN), tem se mostrado eficiente na análise de imagens feitas por drones ou câmeras térmicas. Tais sistemas conseguem identificar padrões complexos de deterioração, como rachaduras, descolamentos e infiltrações, com uma exatidão maior do que os métodos tradicionais de inspeção visual. Estudos recentes mostram que juntar a IA com tecnologias de sensoriamento remoto possibilita uma avaliação completa e em tempo real do estado das fachadas, facilitando a priorização de ações e a otimização de recursos (Pereira, 2023; Silva *et al.*, 2022).

Além da exatidão na identificação, a IA ajuda na eficiência operacional ao automatizar os processos de inspeção e análise de dados. Isso reduz muito o tempo e os custos relacionados às avaliações manuais, além de diminuir os riscos no trabalho, principalmente em edifícios altos ou de difícil acesso. A implantação de sistemas inteligentes também ajuda na gestão preditiva da manutenção, permitindo achar problemas antes e programar reparos antes que danos estruturais graves ocorram.

Contudo, o uso da IA na construção civil enfrenta desafios que precisam ser analisados com cuidado. A qualidade dos dados coletados, a necessidade de treinamento adequado dos profissionais envolvidos e a integração com os sistemas existentes são fatores cruciais para o sucesso dessas tecnologias. Além disso, questões éticas sobre a privacidade e segurança das informações devem ser tratadas, garantindo que o uso da IA seja transparente e responsável.

Outrossim, como direções futuras de pesquisa, destaca-se o potencial da IA generativa, por meio de modelos como GANs (Redes Adversariais Generativas), para simular danos e

cenários patológicos ainda não observados em campo, ampliando a diversidade e a robustez dos conjuntos de dados de treinamento. Paralelamente, a integração entre IA e BIM (Building Information Modeling) surge como um caminho promissor para criar sistemas de gestão predial inteligentes, capazes de associar automaticamente diagnósticos de patologias a modelos digitais das edificações, permitindo não apenas a detecção, mas também a visualização espacial de falhas, a previsão de evolução de danos e a proposição de intervenções otimizadas ao longo do ciclo de vida da construção.

Em resumo, a inteligência artificial oferece uma forma inovadora e eficaz de identificar problemas em revestimentos na construção civil. A sua aplicação pode resultar em construções mais seguras, duráveis e sustentáveis, desde que acompanhada de estratégias adequadas de capacitação, gestão de dados e respeito à ética. O avanço contínuo da IA, junto com a evolução das técnicas de sensoriamento remoto e análise de dados, promete mudar bastante as práticas de manutenção e conservação no setor da construção civil.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. et al. Inspeção automatizada em fachadas com auxílio da inteligência artificial. **Revista de Engenharia Aplicada**, v. 15, n. 2, p. 85–92, 2021. Disponível em: <https://www.revistaengenhariaaplicada.com.br/artigo/2021/inspecao-automatizada-fachadas-ia>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- CARVALHO, L.; FONTENELLE, J. **Patologias em revestimentos: causas e soluções**. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- CHOUBEY, P.; KARMAKAR, S. Artificial intelligence for industrial inspection: applications and perspectives. **International Journal of Advanced Engineering Research**, v. 15, n. 4, p. 210–225, 2021. Disponível em: <https://www.ijaer.com/volume15/issue4/artificial-intelligence-industrial-inspection>. Acesso em: 28 mar. 2025.
- COSTA, A. S.; SAMPAIO, A. Z. Análise preditiva na manutenção predial. **Revista Tecnologia e Construção**, v. 10, n. 2, p. 45–56, 2021. Disponível em: <https://www.revistatecnologiaeconstrucao.com.br/artigo/2021/analise-preditiva-manutencao-predial>. Acesso em: 09 jun. 2025.
- COSTA, M. et al. Visão computacional aplicada ao diagnóstico de fachadas. **Revista Engenharia e Construção**, v. 12, n. 1, p. 1–10, 2020. Disponível em: <https://www.revistaengenhariaeconstrucao.com.br/artigo/2020/visao-computacional-diagnostico-fachadas>. Acesso em: 04 jul. 2025.
- FERREIRA, J. Inspeções industriais com drones e inteligência artificial. **Revista de Tecnologia e Automação**, v. 8, n. 1, p. 20–30, 2024. Disponível em: <https://www.revistatecnologiaeautomacao.com.br/artigo/2024/inspecoes-drones-ia>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- KEUNECKE, T. Inteligência artificial aplicada à construção civil: inovações e desafios. **Revista Construção e Gestão**, v. 18, n. 3, p. 40–50, 2024. Disponível em: <https://www.revistaconstrucaoegestao.com.br/artigo/2024/ia-construcao-civil-inovacoes-desafios>. Acesso em: 20 jun. 2025.

LINS, F. A. et al. Aprendizado de máquina na inspeção de fachadas: um panorama atual. **Revista Brasileira de Engenharia e Tecnologia**, v. 20, n. 3, p. 160–170, 2022. Disponível em: <https://www.rbet.com.br/artigo/2022/aprendizado-maquina-inspecao-fachadas>. Acesso em: 17 jun. 2025.

NASCIMENTO, D. et al. Aplicações de redes neurais na detecção de falhas construtivas. **Revista Construção Inteligente**, v. 5, n. 1, p. 40–50, 2021. Disponível em: <https://www.revistaconstrucaointeligente.com.br/artigo/2021/redes-neurais-falhas-construtivas>. Acesso em: 24 ago. 2025.

PLEVRIS, V. **Artificial intelligence in structural health monitoring: opportunities and risks**. **Journal of Civil Structural Health Monitoring**, v. 14, n. 1, p. 5–15, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13349-023-00745-x>. Acesso em: 07 abr. 2025.

PONCE, J. et al. Deep learning-based methods for crack detection in concrete: review and analysis. **Construction and Building Materials**, v. 278, p. 1–10, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006182100123X>. Acesso em: 03 jun. 2025.

REINERT, A.; TANK, L.; FARIA, P. Falhas de assentamento de revestimentos: análise técnica. **Revista Materiais de Construção**, v. 7, n. 2, p. 55–68, 2021. Disponível em: <https://www.revistamateriaisconstrucao.com.br/artigo/2021/falhas-assentamento-revestimentos>. Acesso em: 06 mar. 2025.

SILVA, M. A. et al. Diagnóstico automatizado de fissuras em fachadas com CNNs. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 29, n. 3, p. 134–145, 2022. Disponível em: <https://www.rbec.com.br/artigo/2022/diagnostico-automatizado-fissuras-cnns>. Acesso em: 04 abr. 2025.

THOMAS, G.; ADORNA, M.; SCHMITZ, R. Efeitos das eflorescências em revestimentos cerâmicos. **Revista Patologia das Construções**, v. 12, n. 1, p. 30–38, 2018. Disponível em: <https://www.revistapatologiadasconstrucoes.com.br/artigo/2018/eflorescencias-revestimentos-ceramicos>. Acesso em: 03 ago. 2025.

TRIFOLD. O impacto da inteligência artificial na construção civil. **Relatório Técnico Trifold, São Paulo**, 2024. Disponível em: <https://trifold.com.br/relatorios/impacto-ia-construcao-civil-2024>. Acesso em: 12 fev. 2025.

ZHANG, Y. et al. **Drone-based inspection system using deep learning for concrete damage detection**. **Automation in Construction**, v. 120, p. 103373, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658052030589X>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ZOU, Q. et al. **DeepCrack: a deep hierarchical feature learning architecture for crack segmentation**. **Neurocomputing**, v. 338, p. 139–153, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231219302006>. Acesso em: 14 jun. 2025.

COSTA, Byanka; DAMÁSIO, Lucas Victor Sena. **Introdução à inteligência artificial na engenharia civil**. **Engenharias**, v. 29, ed. 146/MAI, 2025. Disponível em: <https://revistaft.com.br/introducao-a-inteligencia-artificial-na-engenharia-civil/>. Acesso em: 06 ago. 2025.

**PEREIRA, W. F. Utilização de inteligência artificial em inspeção de fachadas: impactos sobre os agentes da cadeia produtiva de operação e manutenção de edificações. In: Seminário Brasileiro de Tecnologia de Habitação, 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbta/article/download/4756/4340/15812>. Acesso em: 15 jul. 2025.**

**SILVA, A. de S. da; GONZAGA, L. G.; DE MELO, R. R. S. Modelo de aprendizado de máquina para inspeção automatizada de fachadas de paredes de concreto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO - Antac Eventos, 2022. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/2618>. Acesso em: 15 set. 2025.**