

USO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NA PERÍCIA DE ENGENHARIA: IA APLICADA A LAUDOS DE VÍCIOS CONSTRUTIVOS

*USE OF COMPUTATIONAL TOOLS IN FORENSIC ENGINEERING: AI APPLIED TO
CONSTRUCTION DEFECT REPORTS*

LEONARDO COSTA DOS SANTOS
UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ

VANESSA DA SILVA DE AZEVEDO
UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ

JOSUE OLIVEIRA PINTO JUNIOR

Comunicação:

O XIII SINGEP foi realizado em conjunto com a 13th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

USO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NA PERÍCIA DE ENGENHARIA: IA APLICADA A LAUDOS DE VÍCIOS CONSTRUTIVOS

Objetivo do estudo

Analisar a aplicabilidade de ferramentas computacionais, com ênfase em Inteligência Artificial e algoritmos de visão computacional, na geração assistida de minutas de laudos periciais de engenharia civil em casos de vícios construtivos.

Relevância/originalidade

A proposta responde à crescente demanda por agilidade, padronização e confiabilidade nos laudos periciais, utilizando tecnologias emergentes para otimizar o fluxo de trabalho técnico sem substituir a análise crítica e consequente validação do perito.

Metodologia/abordagem

O estudo adota uma abordagem exploratória e aplicada, envolvendo o desenvolvimento de um protótipo em Python que integra IA multimodal e algoritmo ORB, validado por testes com dados reais de laudos periciais anonimizados.

Principais resultados

Os testes demonstraram a viabilidade técnica da aplicação, destacando ganhos em agilidade na análise inicial, organização padronizada do laudo e criação de uma base visual de referência validada, com manutenção da revisão do profissional perito como etapa obrigatória.

Contribuições teóricas/metodológicas

A pesquisa propõe um modelo híbrido de geração assistida de laudos, com integração human-in-the-loop e feedback contínuo. Avança na interface entre computação e engenharia legal, contribuindo metodologicamente com a perícia judicial.

Contribuições sociais/para a gestão

A proposta promove celeridade em processos judiciais, ao automatizar etapas da perícia judicial de Engenharia, contribuindo para a consolidação de um banco de dados estruturado de patologias construtivas, fortalecendo a acurácia e a padronização das análises futuras.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Perícia de Engenharia, Ferramentas Computacionais, Geração assistida de Laudos, Patologia das construções

USE OF COMPUTATIONAL TOOLS IN FORENSIC ENGINEERING: AI APPLIED TO CONSTRUCTION DEFECT REPORTS

Study purpose

Analyze the applicability of computational tools, with emphasis on Artificial Intelligence and computer vision algorithms, in the assisted generation of preliminary drafts of forensic engineering reports in cases of construction defects.

Relevance / originality

The proposal addresses the growing demand for speed, standardization, and reliability in forensic reports by leveraging emerging technologies to optimize the technical workflow, without replacing the expert's critical analysis and subsequent validation.

Methodology / approach

The study adopts an exploratory and applied approach, involving the development of a Python-based prototype that integrates multimodal AI and the ORB algorithm, validated through testing with anonymized real-world forensic engineering report data.

Main results

The tests demonstrated the technical feasibility of the application, highlighting improvements in the speed of initial analysis, standardized report structuring, and the creation of a validated visual reference database, while maintaining expert review as a mandatory stage.

Theoretical / methodological contributions

The research proposes a hybrid model for assisted report generation, incorporating a human-in-the-loop framework and continuous feedback. It advances the interface between computing and legal engineering, offering methodological contributions to judicial forensic practice.

Social / management contributions

The proposal promotes increased efficiency in judicial proceedings by automating specific stages of forensic engineering workflows, contributing to the consolidation of a structured database of construction pathologies and strengthening the accuracy and standardization of future analyses.

Keywords: Artificial Intelligence, Engineering Expertise, Computational Tools, Assisted Report Generation, Construction Pathologies

USO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NA PERÍCIA DE ENGENHARIA: IA APLICADA A LAUDOS DE VÍCIOS CONSTRUTIVOS

1. Introdução

A crescente complexidade das demandas judiciais na área da engenharia civil, especialmente em casos envolvendo vícios construtivos, tem exigido soluções mais ágeis e padronizadas para a elaboração de laudos periciais. Neste cenário, a aplicação de ferramentas computacionais baseadas em Inteligência Artificial (IA) e algoritmos de visão computacional tem se consolidado como uma alternativa promissora para apoiar o trabalho do perito engenheiro (Fröhlich, 2023; Khan et al., 2022).

Casos recentes, como os relacionados ao programa Minha Casa, Minha Vida, demonstram a urgência por diagnósticos técnicos mais rápidos e confiáveis, diante da sobrecarga de ações judiciais e da escassez de metodologias padronizadas (Folha de São Paulo, 2025). Além disso, a transição da engenharia civil rumo à Indústria 5.0, conforme descrito por Souza e Nunes (2020) e Fernandes (2023), reforça a importância de integrar tecnologia de ponta sem prescindir da expertise humana.

O problema de pesquisa que orienta este estudo reside na seguinte indagação: como ferramentas computacionais, como algoritmos de similaridade visual e modelos de linguagem multimodais, podem contribuir para a elaboração assistida de minutas de laudos técnicos de engenharia com maior agilidade, confiabilidade e aderência às normas periciais? Essa pergunta emerge diante da constatação de que o atual processo de produção de laudos é, muitas vezes, moroso, sujeito a subjetividades e carente de padronização, especialmente quando se trata da descrição e análise de patologias construtivas (Garcia, 2020; Angelov et al., 2021).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo geral analisar a aplicabilidade de ferramentas computacionais baseadas em IA e algoritmos de visão computacional na geração assistida de minutas de laudos periciais de engenharia civil. Como objetivos específicos, busca-se: (i) implementar uma aplicação protótipo que integre análise multimodal por IA (Gemini Vision) e comparação de similaridade por algoritmo ORB; (ii) avaliar a qualidade e relevância das análises geradas; e (iii) discutir os impactos, limitações e diretrizes necessárias para a adoção dessas tecnologias no contexto da perícia técnica.

2. Referencial Teórico

2.1 Inteligência Artificial na Engenharia e na Justiça

A Inteligência Artificial tem sido amplamente incorporada aos fluxos de trabalho técnico e jurídico, promovendo avanços significativos em áreas como a análise documental, a previsão de decisões judiciais e a produção automatizada de relatórios. Modelos de linguagem baseados em aprendizado profundo, os chamados LLMs (Large Language Models), como descrito por Khan et al. (2022), têm se destacado pela capacidade de interpretar dados complexos e gerar textos coerentes e tecnicamente consistentes, mesmo a partir de entradas multimodais. Essa capacidade é particularmente relevante na engenharia diagnóstica, onde imagens e descrições técnicas se complementam para formar um laudo pericial robusto.

No campo jurídico, a adoção de sistemas de IA já está em curso por meio de iniciativas como o sistema Victor, do Supremo Tribunal Federal (STF), e os sistemas Radar (TJMG) e Elis (TJPE), que automatizam etapas como triagem de processos e classificação de documentos (VIANA, 2022). Essas experiências pavimentam o caminho para soluções mais específicas na área técnico-pericial.

2.2 Algoritmos de Visão Computacional e Reconhecimento de Padrões

Algoritmos de visão computacional, como o ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF), vêm sendo empregados para identificação de padrões visuais em áreas como medicina, segurança e indústria — e têm ganhado espaço na engenharia civil. O ORB, ao extrair pontos-chave de imagens, permite identificar similaridades entre diferentes registros visuais, como fissuras, infiltrações e manifestações patológicas em edificações (CALADO, 2024). Esse tipo de abordagem permite comparar imagens periciais com um banco de dados de referência curado, otimizando a análise técnica inicial e oferecendo maior consistência nas informações visuais descritas.

Angelov et al. (2021) reforçam, porém, que a eficácia desses algoritmos depende diretamente da curadoria dos dados de entrada e da calibragem para contextos específicos, de modo a mitigar vieses e garantir a integridade dos resultados.

2.3 Complementaridade entre IA e Expertise Humana

Embora o avanço tecnológico seja expressivo, a perícia em engenharia não prescinde da atuação humana. Garcia (2020) enfatiza que a IA deve funcionar como uma ferramenta de apoio à análise técnica, não como substituta da capacidade crítica e interpretativa do engenheiro perito. Essa perspectiva se alinha ao conceito de sistemas “expert-in-the-loop”, nos quais o profissional valida, corrige e enriquece as análises automáticas geradas pelas ferramentas computacionais.

A validação humana não apenas assegura a confiabilidade técnica dos documentos produzidos, mas também reforça a responsabilidade ética do perito, sobretudo em processos judiciais que exigem fundamentação sólida e imparcial.

2.4 Indústria 5.0 e Governança Tecnológica

A transformação digital na engenharia civil está fortemente conectada aos paradigmas da Indústria 5.0, que valoriza a personalização, a colaboração humano-máquina e a sustentabilidade (TECHEDGE, 2022). Nesse novo contexto, a IA é integrada de forma complementar ao conhecimento técnico, promovendo um novo patamar de produtividade sem abrir mão da responsabilidade e da sensibilidade humana.

Souza e Nunes (2020) apontam que o engenheiro da era 5.0 precisa estar preparado não apenas para utilizar ferramentas digitais, mas para compreendê-las em profundidade, reconhecendo suas limitações e implicações éticas. A governança dessas tecnologias, portanto, exige diretrizes claras de uso, transparência algorítmica e possibilidade de auditoria técnica, especialmente quando aplicadas a documentos que podem influenciar decisões judiciais.

2. Metodologia

A metodologia adotada neste estudo aborda a visão sistemática sobre o uso da IA para a geração assistida de minutas de laudos de vícios construtivos na perícia de engenharia civil, e a correspondente validação pelo perito. A abordagem exploratória e descritiva, contempla as seguintes fases (Quadro 1):

Tabela 1: Abordagem sistemática da metodologia empregada no estudo

LEVANTAMENTO E REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA Realização de pesquisa bibliográfica detalhada em bases acadêmicas de relevância científica, buscando publicações em período específico determinado para o estudo (2019-2025) sobre aplicações da IA em perícia de engenharia civil. Análise crítica e reflexiva sobre a síntese dos principais pontos, de modo a organizar uma base robusta para a elaboração dos indicadores da pesquisa.	Fase 1
DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE IA E VISÃO COMPUTACIONAL Desenvolvimento de um cenário preliminar na linguagem Python utilizando a biblioteca Tkinter para a interface gráfica e integrando tecnologias de IA e Visão Computacional para análise assistida de imagens de perícia. As tecnologias chave incluem: IA Generativa Multimodal (Modelo Gemini via API) Utilização de um modelo de linguagem grande pré-treinado com capacidade multimodal (Gemini Vision) acessado via API oficial do Google (biblioteca google-generativeai). Esta IA recebe como entrada de cada imagem da perícia e um prompt textual contextualizado (incluindo dados do laudo e instruções específicas em português) para gerar uma análise técnica preliminar descritiva das patologias visuais diretamente observadas na imagem, suas possíveis causas e implicações.	Fase 2
DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE IA E VISÃO COMPUTACIONAL Visão Computacional (Descritores ORB e Comparação de Similaridade) Implementação do algoritmo ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) da biblioteca OpenCV para extrair descritores de pontos-chave das imagens da perícia. Estes descritores são comparados (via BFMatcher com teste de razão de Lowe) com descritores pré-calculados de um banco de dados de imagens de referência (SQLite), curado pelo usuário/pesquisador, contendo imagens e suas respectivas descrições técnicas validadas. O objetivo é identificar referências visuais similares e recuperar suas descrições associadas. Interface de Revisão e Edição (Expert-in-the-Loop) Criação de um diálogo interativo na aplicação que apresenta a análise textual gerada pela IA Multimodal ao perito para revisão, edição e validação antes de sua incorporação no documento final. Ciclo de Feedback (Curadoria do Banco de Referência ORB) Implementação de um mecanismo onde a descrição validada/editada pelo perito na interface de revisão, juntamente com a imagem da perícia correspondente, é utilizada para alimentar retroativamente o banco de dados de referência ORB, calculando e armazenando seus descritores. Isso permite a melhoria contínua da base de comparação ORB com dados validados pelo especialista.	Fase 2 Fase 2

Geração de Documentos (Template Engine)

Utilização da biblioteca docxtpl para preencher um template .docx pré-definido com os dados de entrada do laudo, textos padrão, e as análises validadas (LLM e ORB), incluindo a incorporação das imagens relevantes no documento final.

COLETA E PREPARAÇÃO DOS DADOS E FERRAMENTAS

Coleta de Casos de Teste

Obtenção de conjuntos de dados de perícias reais (laudos anonimizados, dados de entrada e fotografias digitais) de vícios construtivos, cedidos por profissionais parceiros ou de fontes públicas (respeitando a ética e privacidade), para servirem como casos de teste e avaliação da aplicação desenvolvida.

Curadoria do Banco de Dados de Referência ORB

Coleta e seleção de imagens de alta resolução representativas de diversas patologias construtivas (fissuras, infiltrações, eflorescência, corrosão, etc.) provenientes de literatura técnica especializada, normas e laudos já emitidos e validados. Cada imagem de referência será associada a uma descrição técnica precisa emitida por profissional competente, formando a base inicial para as comparações de similaridade visual ORB. Este banco será continuamente enriquecido através do ciclo de feedback.

Desenvolvimento do Template de Laudo

Elaboração de um arquivo modelo .docx contendo a estrutura padrão de um laudo de perícia de vícios construtivos, incluindo placeholders ({{campo}}) nos locais apropriados para inserção dinâmica dos dados de entrada, textos padrão, e das seções de análise geradas/processadas pela aplicação ({{secao_detalhada_fotos}}).

Definição de Textos Padrão

Coleta e organização de blocos de texto frequentemente utilizados em laudos periciais (introdução, metodologia, considerações, conclusões genéricas, etc.) para inserção automática via placeholders correspondentes no template.

Fase 3

EXECUÇÃO EXPERIMENTAL E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Execução de Casos de Teste

Utilização da aplicação desenvolvida para processar os conjuntos de dados de perícias reais (casos de teste). Para cada caso, inserir os dados de entrada, selecionar as fotos da perícia e o template, e executar o fluxo completo de geração assistida do laudo.

Avaliação Qualitativa da Qnálise IA (expert-in-the-loop)

Durante a etapa de revisão interativa, o perito/pesquisador avaliará a qualidade, precisão técnica e relevância da análise textual gerada pela IA Multimodal (Gemini Vision) para cada foto. As edições e correções necessárias serão registradas (seja pela edição direta ou por anotações externas).

Avaliação da Similaridade ORB

Análise da relevância das imagens de referência encontradas pela busca ORB e da utilidade das descrições associadas recuperadas. Avaliação do impacto

Fase 4

do ciclo de feedback na melhoria da qualidade das referências encontradas ao longo do tempo (requer uso prolongado/testes sequenciais). Validação da Minuta Gerada Comparação da minuta final do laudo gerada pela aplicação (após a revisão da análise IA) com um laudo de referência (idealmente, o laudo original do caso de teste ou um elaborado manualmente pelo perito). A avaliação focará na completude, coerência, precisão factual e aderência ao estilo e normas técnicas, utilizando os indicadores definidos neste estudo que forem aplicáveis (ex: percentual de texto aproveitado, tipos de correções necessárias, tempo estimado de revisão vs. redação completa).	
EXECUÇÃO EXPERIMENTAL E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO Discussão sobre a eficácia da ferramenta como assistente de redação, seus impactos positivos (agilidade, padronização inicial) e limitações (necessidade de revisão, erros factuais e correlatos).	Fase 5
COMPLEMENTARIDADE COM A EXPERTISE HUMANA Investigação qualitativa sobre a percepção dos profissionais sobre os benefícios e dificuldades do uso da IA para gerar a minuta inicial, a qualidade do texto gerado, o esforço necessário para validar e corrigir a minuta, e a integração dessa ferramenta no fluxo de trabalho pericial. Consequentemente, propõe-se uma avaliação da percepção dos profissionais sobre os benefícios, dificuldades e complementaridade dos métodos automatizados com a análise humana.	Fase 6
PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA GOVERNANÇA TECNOLÓGICA Elaboração de diretrizes preliminares que assegurem a governança adequada das tecnologias de IA aplicadas à perícia de engenharia, considerando aspectos técnicos, éticos e legais.	Fase 7
ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL E RECOMENDAÇÕES Compilação e apresentação clara e estruturada dos resultados, incluindo gráficos, tabelas e discussões detalhadas, além de proposição de recomendações objetivas para implementação prática, indicando possíveis caminhos futuros para a pesquisa e aplicação tecnológica na perícia de engenharia.	Fase 8

A metodologia empregada neste estudo visa, não somente avaliar a viabilidade e eficácia da utilização de ferramentas computacionais na geração assistida de minutas de Laudos Periciais de Engenharia Civil em ações de vícios construtivos, mas fornecer bases sólidas para otimizar o fluxo de trabalho do perito e melhorar continuamente a interação homem-máquina neste processo, contribuindo assim para maior eficiência técnica, segurança jurídica e celeridade na prestação dos serviços dos profissionais da engenharia à justiça brasileira.

3. Análise dos Resultados e Discussões

Neste momento, são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita, que envolveu tanto a implementação experimental de ferramentas de Inteligência Artificial e Visão Computacional quanto a coleta de percepções de especialistas da área de perícia em engenharia civil. Os dados tabulados são analisados criticamente em relação

aos indicadores definidos e contextualizados com a base teórica de estudo, abordando as potencialidades, limitações e impactos dessas ferramentas computacionais na geração assistida e subsequente validação de minutas de laudos de vícios construtivos.

O fluxograma apresentado na Figura 1, ilustra de forma sequencial todo o processo metodológico empregado neste estudo. Este diagrama oferece uma visão geral das etapas conduzidas, desde a coleta inicial de dados até a geração e validação dos resultados. Subsequentemente, cada fase representada no fluxograma será detalhada textualmente, permitindo uma compreensão aprofundada dos procedimentos adotados e das análises realizadas.

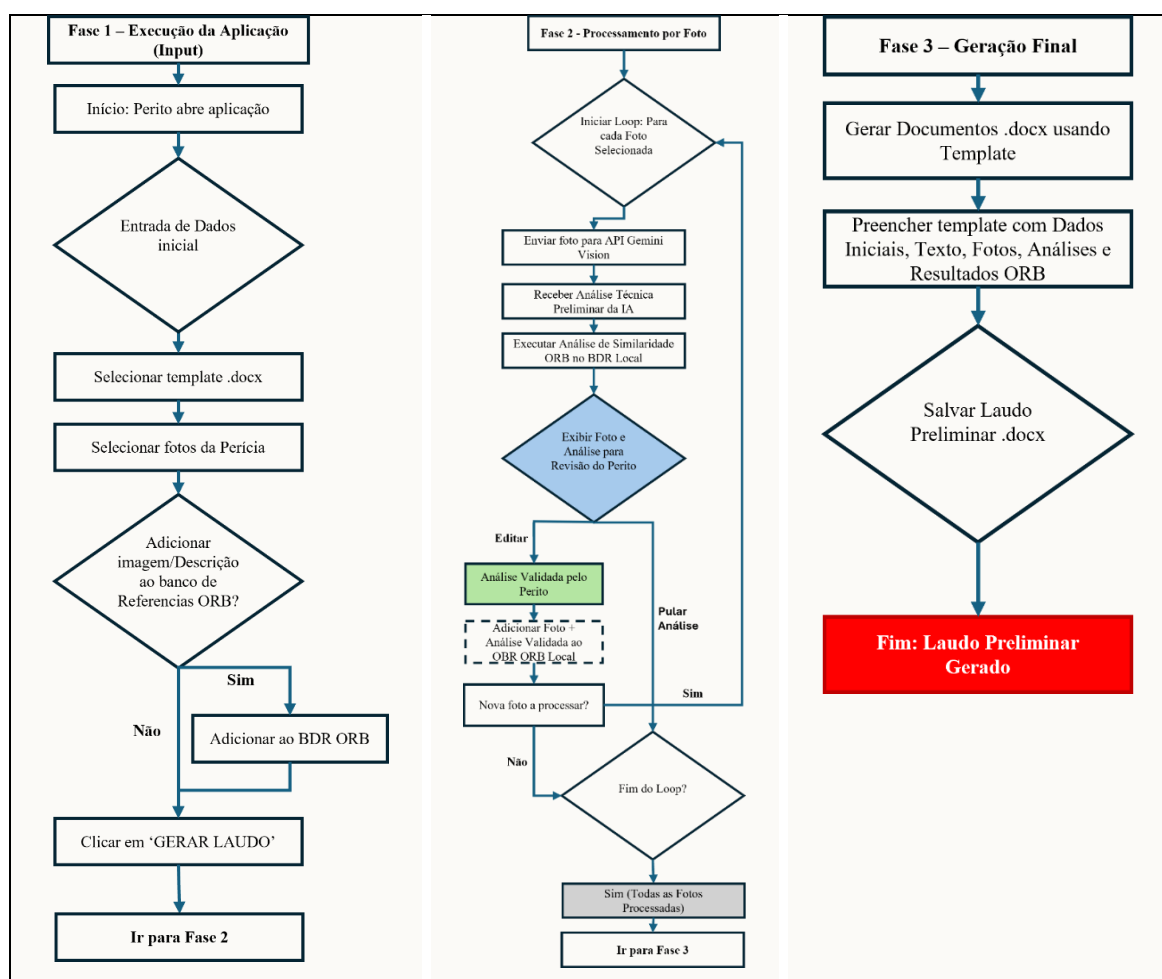


Figura 1: Fluxograma do processo metodológico do estudo

3.1 Caracterização da aplicação desenvolvida, dados de referência e ferramentas utilizadas

Neste cenário foram detalhados os recursos computacionais e empíricos empregados na fase experimental deste estudo, sendo estes, a aplicação protótipo desenvolvida para geração assistida de laudos e os dados utilizados para sua operação e teste. Esta caracterização contextualiza os resultados de desempenho e as análises subsequentes.

Para compor a Fontes de Dados e Curadoria, o estudo utilizou dados provenientes de duas fontes principais, dados de casos de teste e dados para o banco de referência ORB. Desta forma, foram utilizados laudos periciais reais (anonimizados) e conjuntos de imagens de vistorias em ações judiciais de vícios construtivos (predominantemente do programa MCMV),

cedidos por peritos parceiros atuantes em diversas unidades federativas do Brasil e disponível publicamente em https://github.com/AIDevAppEnginner/bd_construction_flaws_app, de forma a permitir a replicabilidade e auditoria dos resultados apresentados. Estes casos serviram para testar a aplicação e avaliar a qualidade da minuta gerada em cenários práticos.

Associado a isto, foram utilizadas imagens de patologias construtivas extraídas de literatura técnica e artigos acadêmicos. Para cada imagem de referência selecionada, uma descrição técnica precisa foi elaborada e validada pelo pesquisador/especialista. Este conjunto (imagem + descrição validada) forma a base do banco de dados de referência utilizado pela análise de similaridade visual ORB. A anonimização de dados sensíveis (nomes, endereços) foi realizada nos casos de teste conforme a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados).

3.2 Pré-processamento de dados (realizado na aplicação)

A aplicação desenvolvida utiliza modelos de IA pré-treinados e algoritmos de visão computacional de reconhecimento de imagens, que operam de forma mais direta em relação a outras ferramentas disponíveis no mercado. Já as descrições textuais para o banco de referência ORB são armazenadas conforme inseridas pelo usuário em seu processo de edição, após o retorno repassado pelo LLM.

O pré-processamento de imagens é mínimo e específico para cada ferramenta. Para a análise ORB, as imagens (tanto da perícia quanto do banco de referência) são convertidas para escala de cinza no momento da extração dos descritores ORB, conforme requerido pelo algoritmo implementado via OpenCV. Não há redimensionamento padronizado obrigatório (o ORB possui mecanismos internos de invariância à escala).

Para análise multimodal (através da LLM Gemini Vision), as imagens da perícia são carregadas usando a biblioteca Pillow e enviadas diretamente para a API Gemini. A API é responsável pelo pré-processamento interno necessário (redimensionamento, normalização, etc.) para este modelo.

Para visualização na interface gráfica, um redimensionamento é aplicado apenas para exibição das imagens na janela de edição, utilizando Pillow e Tkinter, sem impactar a análise das IAs.

3.3 Ferramentas computacionais e bibliotecas

A aplicação protótipo foi desenvolvida integralmente na linguagem de programação Python 3.11, utilizando um ambiente virtual (venv) para gerenciamento de dependências. As principais bibliotecas e tecnologias empregadas foram: Interface Gráfica (GUI) por meio do, Análise Multimodal IA, Similaridade Visual ORB, Banco de Dados de referência ORB e Geração de Relatórios.

Foi utilizado Tkinter (biblioteca padrão do Python) para criação das janelas, campos de entrada, botões e área de log/status. Pillow (PIL) e seu módulo ImageTk foram usados para manipulação e exibição de imagens na GUI. A API do Google Gemini (Gemini Vision) foi acessada através da biblioteca oficial google-generativeai. Sua utilização compreende a análise diretamente das imagens da perícia e geração da análise técnica preliminar em texto.

A biblioteca OpenCV (cv2) foi utilizada para implementação do detector e descritor ORB e do comparador BFMatcher (Brute-Force Matcher) com teste de razão para encontrar imagens visualmente similares no banco de referência. Já a SQLite3 (biblioteca padrão Python) foi utilizada para armazenamento dos caminhos das imagens de referência, onde suas descrições foram devidamente validadas pelo usuário da aplicação e os descritores ORB pré-calculados.

A biblioteca docxtpl foi utilizada para manipulação de templates .docx, permitindo a inserção dinâmica dos dados do laudo, textos padrão, e o conteúdo gerado/processado (incluindo o subdocumento com fotos e análises) nos placeholders definidos no arquivo modelo_laudo.docx. E, por fim, utilizou-se o NumPy (principalmente como dependência do OpenCV) e bibliotecas padrão.

O foco deste estudo reside no uso de IA pré-treinada via API, algoritmos clássicos de visão computacional (ORB) e um fluxo de trabalho com validação humana integrada.

A configuração detalhada deste ambiente experimental e das ferramentas selecionadas permitiu a geração dos resultados que serão analisados na sequência.

3.4 Execução da aplicação (input) – Fase 1

Este estudo é composto por um modelo de laudo conforme normativas constantes na ABNT NBR 13.752:2024, item 7.3.3.1.2, quanto a: identificação do solicitante, identificação do objeto da vistoria, objetivo e finalidade; pressupostos, ressalvas e condições limitantes, data(s) da(s) vistoria(s), descrição técnica detalhada das constatações, relatório fotográfico, local e data, assinatura e identificação do profissional responsável pela elaboração do laudo (nome, graduação e registro no respectivo conselho de classe), relação de anexos e apêndices, se houver.

Estas informações foram preenchidas pelo perito em interface gráfica, com seus próprios termos e palavras e armazenadas de forma temporária na aplicação em questão, conforme Figura 02.

Figura 2: Informações para preenchimento do modelo de Laudo Pericial

Com a utilização de placeholders no modelo de laudo, foi possível o preenchimento neste modelo .docx conforme informações preenchidas na interface gráfica pelo perito. A utilização de imagens do período da diligência pericial, ao qual se quer realizar a análise, foi direcionada para limitações de dimensões como 471x639 pixel com resolução horizontal x vertical em 96dpi, mas de fato não é uma limitação sistêmica e sim para fins de demonstração na exposição deste artigo.

3.5 Processamento por Foto – fase 2

Esta fase de processamento da aplicação, é realizada através do envio via API devidamente para a ferramenta LLM (Gemini Vision), conforme Figura 3. Em seguida, a Aplicação Gerador de Laudos retorna com janela pop-up com a informação preenchida pela LLM Gemini Vision, com as informações da imagem enviada, para a devida confirmação do profissional perito de engenharia civil.

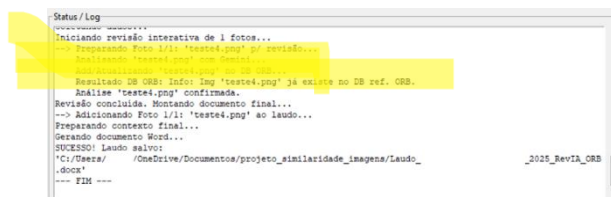


Figura 3: Processamento da aplicação Gerador de Laudos, enviando via API para Gemini Vision

O profissional usuário da aplicação edita as informações, conforme especificações técnicas adequadas e confirma. Após este momento, a imagem junto a esta análise técnica é adicionada em banco local para efeitos de análise posterior em busca do algoritmo visual ORB. Ao se clicar no botão “Pular Análise desta Foto” disponível na aplicação, esta imagem e sua respectiva análise, passam a não ser contempladas no preenchimento da minuta final do laudo, onde também, não serão adicionadas ao Banco de dados referência (BDR) para posterior análise pelo algoritmo visual ORB (Figura 4).



Figura 4: Janela de edição da análise técnica realizada pela ferramenta LLM (Gemini Vision)

3.6 Geração Final – Fase 3

A aplicação abre uma janela onde o usuário da mesma seleciona o local para salvar o arquivo devidamente preenchido, em formato .docx. É possível também renomear o arquivo para o nome de melhor conveniência ao profissional.

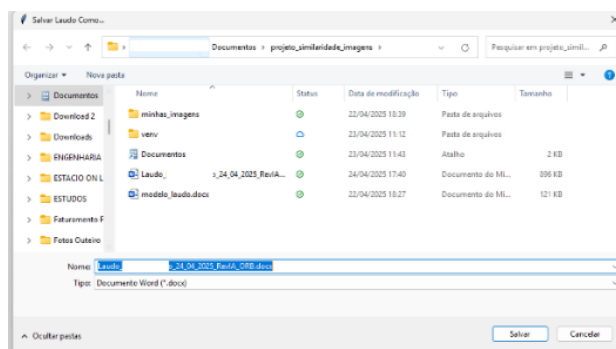


Figura 5: Janela de seleção do local de salvamento do arquivo preenchido pela aplicação Gerador de Laudos

A aplicação Gerador de Laudos gera mensagem de confirmação de salvamento do laudo preenchido (Figura 6).

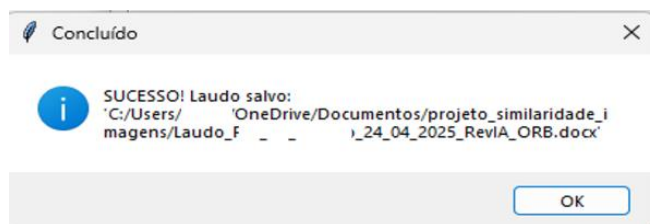


Figura 6: Janela da aplicação Gerador de Laudos com a confirmação de salvamento do laudo preenchido

Finalizando, a análise em banco de dados ORB realiza a busca de similaridade de objetos e replica esta informação no modelo de laudo exportado (Figura 7).

Análise Comparativa (Banco de Referência ORB):
 Achados Similares:
 - **Ref:** 'LAJE - CORROSAO DE ARMADURA FACE INFERIOR
 LAJE.png' (Score: 772)
 Desc (Ref): CORROSAO ARMADURA FACE INFERIOR

Figura 7: Análise comparativa demonstrada em laudo, com similaridade de imagens (a partir de score atribuído pelo algoritmo ORB)

4. Conclusões/Considerações Finais

O presente estudo conclui que há viabilidade técnica quanto a aplicação de ferramentas computacionais como Inteligência Artificial (IA) multimodal e algoritmos de reconhecimento de imagens (ORB), na elaboração de minutas de laudos periciais de engenharia civil, especificamente no contexto de vícios construtivos. Os resultados obtidos com o desenvolvimento e a análise funcional do protótipo demonstram que esta abordagem híbrida, centrada na indispensável validação pericial por um profissional humano, otimiza o fluxo de trabalho e qualifica a produção técnica inicial. A validação por este profissional humano, corrige e refina a análise da IA Multimodal, reforçando que a aplicação proposta somente atua como um assistente qualificado, sempre subordinado ao conhecimento técnico humano.

Demonstra-se que a aplicação desenvolvida em Python é capaz de automatizar etapas cruciais, incluindo a análise direta de imagens da perícia por IA multimodal (Gemini Vision) para geração de descrições e análises técnicas preliminares sobre patologias, suas causas e implicações. Paralelamente, o algoritmo ORB, quando aliado a um banco de dados de referência curado pelo especialista, provou ser uma ferramenta útil na recuperação de casos visuais análogos, complementando a análise da IA. A montagem automatizada da estrutura do laudo em formato .docx, a partir de templates, também foi validada com sucesso.

Adicionalmente, a implementação de um ciclo de feedback para o banco de dados de referência ORB demonstrou ser uma estratégia promissora para o aprimoramento contínuo da base de conhecimento local, mesmo diante da limitação de não se poder treinar diretamente os modelos LLM via API.

O estudo reconhece, contudo, limitações inerentes à abordagem e ao protótipo. A qualidade da análise do LLM multimodal, embora promissora, é intrinsecamente dependente da clareza da imagem, da precisão do prompt (caso este ocorra), das capacidades do modelo pré-treinado (sujeito a imprecisões ou "alucinações"), e da disponibilidade e custos associados às APIs externas.

Quanto a trabalhos futuros, sugere-se a continuidade da pesquisa explorando: estudos quantitativos com peritos para medir o impacto na produtividade e qualidade dos laudos, além da criação de uma rede colaborativa entre estes profissionais, com níveis de análise conforme tempo de experiência dos profissionais; a investigação de modelos de IA especializados (se e quando disponíveis) treinados em patologias construtivas brasileiras e melhorias na interface e performance da aplicação.

5. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 2024.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm Acesso em: 15 abr. 2025.

CALADO, M. L. Uso da inteligência artificial no poder judiciário brasileiro: aspectos e análise da comunicação estratégica do tribunal de justiça de Pernambuco. 53 fl. Relatório técnico (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Indústrias Criativas. Mestrado Profissional em Indústrias Criativas, Recife, 2024.

FERNANDES, M. A. de S., RODRIGUES, R. C. e Antunes, A. M. S. (2023). Capacitação comportamental de profissionais e estudantes de engenharia para a Indústria 4.0. Revista de Administração Mackenzie, 24(5), 1–30. <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMR230084.pt> Acesso em: 15 abr. 2025.

FOLHA DE SÃO PAULO. Problemas em imóveis impulsionam ações contra Caixa no Minha Casa, Minha Vida. São Paulo, 18 jan. 2025. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2025/01/problemas-em-imoveis-impulsionam-acoes-contr-caixa-no-minha-casa-minha-vida.shtml>. Acesso em: 24 mar. 2025.

FRÖHLICH, A. V. K. Fundamentação das decisões judiciais e inteligência Artificial: Uma ressignificação ao Direito Processual atual e futuro. Coleção estudos em homenagem a Darci Guimarães Ribeiro – Vol. 8. Londrina, PR: Thoht, 2023.

GARCIA, A. C. B. Ética e Inteligência Artificial. Computação Brasil, [S. l.], n. 43, p. 14–22, 2020. DOI: 10.5753/compbr.2020.43.1791. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/compbr/article/view/1791>. Acesso em: 27 maio. 2025.

KHAN, Tahseen et al. Machine learning (ML)-centric resource management in cloud computing: A review and future directions. Journal of Network and Computer Applications, v. 204, p. 103405, 2022.

OLIVEIRA, A., CUNHA FERREIRA, I., & dos Santos Siqueira, T. (2024). Acesso à Justiça e os Gargalos da Celeridade Processual no Sistema de Justiça Brasileiro: Uma Análise do Uso da Inteligência Artificial no Processo Judicial. Revista Formadores, 21(01). <https://doi.org/10.25194/rf.v21i01.2069>

SOUZA, U. A.; NUNES, F. L. Indústria 4.0 e a cadeia de suprimentos em uma empresa de automação no Vale dos Sinos: uma proposta de Mapa Conceitual. JOURNAL OF LEAN SYSTEMS, 2020, Vol. 5, Nº 1, pp. 01-28.

TECHEDGE. Indústria 5.0: O que a torna diferente da 4.0?, 2022. Disponível em: <https://www.techedgegroup.com/pt/blog/o-que-e-industria-5-0> Acesso em: 18 mar. 2023.

VIANA, A. A. de S.; SARKIS, J. M.; MACIEL JÚNIOR, V. de P. Do papel ao uso da inteligência artificial nos meios de provas digitais. Revista Brasileira de Direito Processual – RBDPro, Belo Horizonte, ano 30, n. 118, p. 71-103, abr./jun. 2022. DOI: 10.52028/RBDPRO. V30i118.210906MG