

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM MODELAGEM CAD 3D APLICADA À INDÚSTRIA

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CAD 3D MODELING APPLIED TO INDUSTRY

Darlan Gomes de Oliveira Filho<sup>1, i</sup>  
Caique Zaneti Kirilo<sup>2, ii</sup>

### RESUMO

A aplicação da inteligência artificial na modelagem CAD 3D tem ganhado destaque por seu potencial em automação, precisão e eficiência dos processos de design na Indústria 4.0. O CAD 3D é uma ferramenta essencial, presente em todas as etapas entre o desenvolvimento e a fabricação de um produto. A integração entre CAD e IA permite reduzir erros e gerar soluções inovadoras, otimizando custos e tempo de manufatura. Foram abordadas cinco áreas: design generativo com IA, reconhecimento automático de características geométricas, correção de erros em modelos 3D, conversão entre representações 2D e 3D, e interoperabilidade entre sistemas. Redes neurais, algoritmos genéticos e aprendizado profundo têm permitido avanços na geração automática de modelos, identificação de falhas e sugestão de soluções otimizadas. Ainda existem algumas limitações, como a falta de dados rotulados em grande escala e integração com softwares tradicionais. As oportunidades futuras são promissoras com a integração entre CAD e IA, representando um avanço significativo para a inovação e sustentabilidade nos processos industriais.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial; Modelagem CAD 3D; Indústria 4.0.

### ABSTRACT

The application of artificial intelligence in 3D CAD modeling has gained prominence due to its potential for automation, precision, and efficiency in design processes within Industry 4.0. 3D CAD is an essential tool, present throughout all stages from product development to manufacturing. The integration of CAD and AI enables error reduction and the generation of innovative solutions, optimizing manufacturing costs and lead times. Five key areas were addressed: generative design with AI, automatic recognition of geometric features, error correction in 3D models, conversion between 2D and 3D representations, and interoperability between systems. Neural networks, genetic algorithms, and deep learning have enabled advances in automatic model generation, fault detection, and the suggestion of optimized solutions. Some limitations still remain, such as the lack of large-scale labeled datasets and integration with traditional software. Future opportunities are promising, with CAD-AI integration representing a significant step forward for innovation and sustainability in industrial processes.

**Keywords:** Artificial Intelligence; 3D CAD Modeling; Industry 4.0.

---

<sup>1</sup>Pós-graduando em Inteligência Artificial na Faculdade SENAI de Informática.  
E-mail: darlan.g.o.filho@gmail.com

<sup>2</sup>Doutorando e Docente no curso de graduação na Faculdade SENAI-SP de Ciência de Dados.  
E-mail: caique.zaneti@sp.senai.br

## 1 INTRODUÇÃO

O Desenho Assistido por Computador, ou do inglês Computer-Aided Design (CAD), é definido como uma ferramenta computacional que apoia o processo de design, podendo ser dividido em tarefas criativas, que estão sob responsabilidade dos projetistas, e tarefas mecânicas, gerenciadas pelos softwares CAD (ZOU et al., 2024). Na indústria, o CAD é aplicado em todo o ciclo de desenvolvimento, desde o projeto conceitual até o projeto detalhado, servindo como base para atividades como desenhos de engenharia (2D), análises de elementos finitos (FEM) e programação numérica (CN), fundamentais para a fabricação de um produto (ZOU et al., 2024). De acordo com Aranburu et al. (2022), na perspectiva da Indústria 4.0, a modelagem CAD 3D paramétrica é o centro da empresa baseada em modelos (MBE), sendo a representação digital do produto, possibilitando a comunicação e gestão de informações durante todo o desenvolvimento, permitindo reuso, simulação, otimização e integração com diferentes áreas.

A utilização de inteligência artificial e algoritmos avançados em conjunto com o CAD pode aumentar significativamente a automação nos processos de desenvolvimento de um produto, com mais eficiência e menos intervenções manuais, atuando na previsão de falhas de projetos, evitando erros, reduzindo custos e otimizando o uso de materiais, contribuindo para a criação de produtos sustentáveis com menor impacto ambiental (WDOWIK; BEŁZO, 2025).

### 1.1 Problema de pesquisa

Como a inteligência artificial pode ser aplicada à modelagem CAD 3D paramétrica para aumentar a automação, precisão e a eficiência no processo de design, superando os desafios relacionados às limitações técnicas das abordagens atuais?

### 1.2 Objetivo(s)

Investigar o uso de inteligência artificial, especialmente redes neurais e algoritmos generativos, na modelagem CAD 3D paramétrica, com foco em automação, correção de erros e otimização do design.

### 1.3 Justificativa

O CAD 3D vem ganhando espaço dentro do âmbito industrial, porém, ainda enfrenta limitações, como processos manuais, falta de comunicação entre dispositivos e necessidade de especialistas humanos para tarefas específicas, visando mitigar essas limitações é possível automatizar tarefas, prever falhas e otimizar o design utilizando inteligência artificial e aprendizado de máquina no processo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Design generativo com IA

A integração de técnicas de inteligência artificial aos sistemas CAD tem possibilitado avanços significativos no processo de design, especialmente com a introdução do chamado ICAD ou CAD inteligente. Essa abordagem combina as habilidades criativas e avaliativas dos designers com a capacidade lógica e generativa dos

computadores, que operam com base em conhecimento programado e aprendido, contribuindo diretamente na construção de geometrias mais eficientes e funcionais (ZOU et al., 2024).

O design generativo se refere a métodos de design computacional capazes de explorar automaticamente diferentes alternativas de projeto, dentro de restrições estabelecidas pelos próprios designers. Essa abordagem permite que o software sugira novas soluções de forma autônoma, aprendendo com modelos anteriores e ajustando parâmetros para alcançar maior eficiência (YOO et al., 2021).

O design generativo também é útil nas fases iniciais do projeto, fornecendo inspirações e propostas iniciais que podem ser posteriormente refinadas. Ele utiliza a parametrização geométrica dos modelos CAD e aplica métodos de exploração como os algoritmos genéticos (AG) para gerar variações de forma viável (YOO et al., 2021).

Modelos generativos permitem produzir uma grande quantidade de recomendações, possibilitando o refinamento de designs (ZOU et al., 2024). Com a utilização de técnicas de machine learning, especialmente as redes neurais artificiais (ANNs), também é possível auxiliar o projetista na previsão de designs e na identificação de erros ao longo do desenvolvimento do produto (SABBELLA et al., 2020).

A combinação de redes neurais artificiais com algoritmos genéticos tem se mostrado promissora para o reconhecimento de formas complexas, otimizando a interpretação e manipulação de geometrias (SABBELLA et al., 2020).

O design generativo associado à IA já é uma realidade na indústria automotiva, como por exemplo no caso da General Motors, onde o software gerou mais de 150 alternativas para um suporte de assento, auxiliando o engenheiro a selecionar a solução ideal, proporcionando um produto mais leve e resistente do que o design original, em muito menos tempo do que utilizando o processo convencional (AUTODESK, 2024).

## **2.2 Reconhecimento automático de características em modelos 3D**

O reconhecimento 3D pode ser obtido por métodos baseados em visualização ou em formas 3D, de formas distintas. Métodos de visualização projetam a forma 3D em um plano 2D e reconhecem objetos com base em características como textura, escala de cinza e sombra. Já os métodos baseados em formas 3D utilizam sensores como câmeras RGB-D, visão estéreo e LiDAR para identificar objetos pela geometria e características de forma (CHEN et al., 2018).

Avanços recentes incluem o uso de deep learning para a detecção automática de características geométricas em modelos CAD, como arestas, regiões funcionais e componentes estruturais, o que reduz a necessidade de reconhecimento manual e facilita a reutilização de informações de projeto (YOO et al., 2021). Redes neurais do tipo feed-forward com retropropagação são utilizadas no reconhecimento e análise de padrões em modelos CAD, enquanto soluções mais robustas combinam redes neurais com algoritmos genéticos, superando as limitações das técnicas tradicionais em cenários complexos (SABBELLA et al., 2020). As CNNs baseadas em múltiplas visualizações geralmente apresentam desempenho superior aos métodos volumétricos baseados em voxels, entretanto,

essas abordagens apresentam maior complexidade computacional e demandam elevado consumo de memória (CHEN et al., 2018). Em modelos baseados em nuvens de pontos, o VoxNet usa dados 3D voxelizados como entrada para redes CNN 3D, porém, a utilização de voxels aumenta desnecessariamente o tamanho dos dados e depende de cálculos intensivos (YOO et al., 2021).

Uma alternativa mais eficiente é o PointNet, que aprende características diretamente de nuvens de pontos e tem mostrado bons resultados na segmentação e classificação de objetos 3D, sem a necessidade de convolução 3D (YOO et al., 2021). Além disso, o FeatureNet, um método baseado em redes neurais convolucionais 3D, foi desenvolvido para reconhecer características de usinagem, como cavidades, ranhuras e furos, em peças CNC, auxiliando na automação de processos de fabricação (YOO et al., 2021). Outra tendência é o uso de IA multimodal, que combina visão computacional (VC) com processamento de linguagem natural (PLN), permitindo o reconhecimento inteligente de features geométricas e sua conversão em modelos semânticos mais ricos (ZOU et al., 2024).

### **2.3 Correção automática de modelos 3D**

Entre as possíveis abordagens, se destacam as redes neurais, sendo aplicadas para identificar inconsistências em modelos 3D, como malhas defeituosas ou geometrias incompletas, além de sugerirem automaticamente correções capazes de aumentar a robustez do modelo (YOO et al., 2021).

De acordo com Sabbella et al. (2020), a aplicação de técnicas de aumento de dados ou data augmentation, proporciona maior precisão e diminuição dos erros. Esse processo, aliado às redes neurais, contribui para reduzir falhas de modelagem e tornar a modelagem CAD 3D mais confiável (SABBELLA et al., 2020). Outro recurso relevante consiste na conversão automática do CAD para voxels, permitindo que o modelo identifique visualmente as áreas que influenciam diretamente os custos de produção. A partir disso, projetistas ou clientes podem modificar o CAD para atender aos critérios de desempenho ou de projeto de engenharia, assim também reduzindo os custos (YOO et al., 2021).

De modo geral, recursos de IA se mostram eficientes em otimizar simulações convencionais de propriedades geométricas, características mecânicas e desempenho de usinagem, ampliando a capacidade de completar automaticamente conceitos e refinar modelos preliminares (ZOU et al., 2024).

### **2.4 Conversão 2D/3D utilizando IA**

De acordo com Chen et al. (2018), a precisão dos métodos de reconhecimento de objetos baseados em visualização 2D com a utilização de IA pode ser considerada alta. A conversão de 2D em 3D com auxílio de IA é um grande avanço, pois elimina o processo manual, evitando repetições e retrabalhos (CRUZ et al., 2023). Esboços, desenhos e imagens passam por um processo de aumento de dados antes de serem processados por redes neurais. Essa etapa gera múltiplas versões dos modelos de entrada, permitindo ao sistema prever diferentes combinações possíveis de design (SABBELLA et al., 2020).

Ao aplicar redes neurais convolucionais, esses esboços ou desenhos técnicos 2D podem ser convertidos em modelos CAD tridimensionais. O que mitiga a complexidade da prototipagem e conseqüentemente o tempo de sua execução, além disso, encurtando o caminho entre o design conceitual e a modelagem detalhada (YOO et al., 2021).

Algoritmos de aprendizagem profunda também possibilitam a reconstrução 3D a partir de imagens 2D, ao aprender correspondências estruturais entre representações bidimensionais e suas versões tridimensionais (LEE et al., 2022).

Um exemplo eficiente dessa abordagem é o SliceNet, que aplica convoluções 2D a fatias do objeto 3D. Essa técnica, semelhante à convolução anisotrópica 3D, reduz a variância da saída e alcança resultados comparáveis aos métodos de múltiplas visualizações, com menor custo computacional e maior eficiência de treinamento (CHEN et al., 2018).

## **2.5 Interoperabilidade e parametrização CAD com IA**

A diversidade de extensões de arquivo é um problema recorrente na indústria (ARANBURU et al., 2022; SABBELLA et al., 2020). Conversões entre arquivos CAD frequentemente danificam o conteúdo e eliminam informações importantes para os engenheiros (SABBELLA et al., 2020).

Abordagens de deep learning estão sendo aplicadas para garantir a interoperabilidade entre plataformas CAD e CAE, padronizando representações geométricas e reduzindo a perda de dados durante a conversão de arquivos (YOO et al., 2021). Uma solução interessante para melhorar a fidelidade de dados de varredura 3D é a modelagem paramétrica, que utiliza modelos computacionais generalizados e ajustáveis à forma básica do modelo (CRUZ et al., 2023).

A utilização da IA torna o CAD semiautomático, reduzindo a dependência de especialistas e diminuindo a necessidade de treinamento avançado em softwares de modelagem 3D (CRUZ et al., 2023). O design generativo aparece como uma evolução da IA aplicada ao design, transformando tarefas repetitivas em processos sofisticados. A técnica consiste em variar parâmetros dentro de limites definidos para gerar automaticamente diversas alternativas de projeto com base em um sistema CAD paramétrico (HUNDE et al., 2022).

## **3 METODOLOGIA**

Como abordagem metodológica para este projeto foi utilizada a revisão bibliográfica, como forma de aprofundar o conhecimento sobre o tema, tendo sua base em fontes acadêmicas. A busca utilizou as ferramentas ScienceDirect e Consensus, e o foco principal da pesquisa, foram as revisões literárias e estudos sobre a aplicação de inteligência artificial no modelamento CAD 3D.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Desafios e limitações**

Os modelos CAD possuem estruturas não lineares, apresentando ainda mais complexidade geométrica e diversidade de dados e formatos, o que

complica a interoperabilidade entre diferentes tipos de arquivos (SABBELLA et al., 2020).

Além disso, as redes neurais dependem de dados rotulados em grande escala para treinamento, sendo um grande desafio, já que esses dados nem sempre estão disponíveis em contextos industriais. A necessidade de bases de dados extensas, aliada à alta complexidade computacional do treinamento de modelos, exige grande poder de processamento (SABBELLA et al., 2020; YOO et al., 2021). Outro desafio importante é a integração de módulos baseados em IA aos softwares CAD tradicionais, especialmente considerando as limitações de generalização para diferentes geometrias complexas (LEE et al., 2022; YOO et al., 2021). Fatores como a disponibilidade de dados, o custo computacional elevado e a aceitação por parte de usuários, indústrias e instituições acadêmicas ainda representam barreiras para a adoção ampla de sistemas CAD com IA (HUNDE et al., 2022). Ainda existem poucos estudos sobre o aprendizado de máquina em CAD paramétrico. Em alguns desses estudos a qualidade dos dados é questionável, onde os modelos gerados por esses sistemas também acabam tendo baixa qualidade e pouca confiabilidade, dificultando o uso em projetos reais (ARANBURU et al., 2022).

## 4.2 Oportunidades futuras

Emprego de técnicas como o aumento de dados (data augmentation), que permite expandir conjuntos de treinamento sem a necessidade de coletar novos dados industriais, sendo necessário também uma base de dados com modelos 3D de alta qualidade e verificados (ARANBURU et al., 2022; SABBELLA et al., 2020). Redes neurais estão sendo aplicadas não apenas em ambientes CAD, mas também em outras áreas do design e até nas artes 3D, com potencial para prever novas combinações de formas, auxiliando projetistas na otimização de seus projetos (SABBELLA et al., 2020). Aplicação de IA generativa para oferecer aos designers um conjunto mais amplo de alternativas criativas e viáveis, acelerando o desenvolvimento de soluções otimizadas e de alto desempenho, podendo fornecer recomendações contextualmente relevantes (ZOU et al., 2024). Implementação de assistentes inteligentes integrados aos softwares CAD/CAE para apoiar engenheiros em decisões em tempo real, além da integração com gêmeos digitais para simulações contínuas e colaboração em nuvem via deep learning (YOO et al., 2021). Pesquisas futuras também devem explorar a aplicação dessas técnicas em fluxos de manufatura digital e em ambientes de produção inteligentes (LEE et al., 2022).

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação de inteligência artificial em sistemas CAD 3D paramétricos tem potencial para ser um grande avanço para a indústria, pois otimiza a automação e a inovação no desenvolvimento de produtos, entretanto, nem tudo é simples, a falta de dados de qualidade em grande escala e a dificuldade de integração com sistemas legados, ainda são barreiras significativas.

Mesmo com esses desafios, as oportunidades futuras com IA generativa, assistentes inteligentes e gêmeos digitais são promissoras e devem levar a modelagem digital a um novo patamar na Indústria.

## REFERÊNCIAS

ARANBURU, Aritz; JUSTEL, Daniel; CONTERO, Manuel; CAMBA, Jorge D. Geometric variability in parametric 3D models: implications for

engineering design. *Procedia CIRP*, [S.I.], v. 109, p. 383–388, 2022. ISSN 2212-8271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.266>. Acesso em: 12 set. 2025.

AUTODESK. *Generative design: redefining what's possible in the future of manufacturing*. [S.I.]: Autodesk, 2024. e-book. Acesso em: 20 set. 2025.

CHEN, Xuzhan; CHEN, Youping; GUPTA, Kashish; ZHOU, Jie; NAJJARAN, Homayoun. SliceNet: A proficient model for real-time 3D shape-based recognition. *Neurocomputing*, [S.I.], v. 316, p. 144–155, 2018. ISSN 0925-2312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.07.061>. Acesso em: 18 set. 2025.

CRUZ, Rena L.J.; ROSS, Maureen T.; NIGHTINGALE, Renee; PICKERING, Edmund; ALLENBY, Mark C.; WOODRUFF, Maria A.; POWELL, Sean K. An automated parametric ear model to improve frugal 3D scanning methods for the advanced manufacturing of high-quality prosthetic ears. *Computers in Biology and Medicine*, [S.I.], v. 162, p. 107033, 2023. ISSN 0010-4825. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compbio.2023.107033>. Acesso em: 18 set. 2025.

HUNDE, Bonsa Regassa; WOLDEYOHANNES, Abraham Debebe. Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing. *Results in Engineering*, [S.I.], v. 14, p. 100478, 2022. ISSN 2590-1230. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100478>. Acesso em: 12 set. 2025.

LEE, J.; LEE, H.; MUN, D. 3D convolutional neural network for machining feature recognition with gradient-based visual explanations from 3D CAD models. *Scientific Reports*, [S.I.], v. 12, p. 14864, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19212-6>. Acesso em: 18 set. 2025.

POTTMANN, H.; LEOPOLDSEDER, S.; HOFER, M.; STEINER, T.; WANG, W. Industrial geometry: recent advances and applications in CAD. *Computer-Aided Design*, [S.I.], v. 37, n. 7, p. 751–766, 2005. ISSN 0010-4485. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2004.08.013>. Acesso em: 16 set. 2025.

SABELLA, Devi Srisessa; SINGH, Anuj; MAHESWARI G., Uma. Artificial intelligence in 3D CAD modelling. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TRENDS IN INFORMATION TECHNOLOGY AND ENGINEERING (IC-ETITE)*, 2020, Vellore. Proceedings... Vellore: IEEE, 2020. p. 1–5. DOI: 10.1109/ic-ETITE47903.2020.29. Acesso em: 12 set. 2025.

WDOWIK, R.; BEŁZO, A. Artificial intelligence-based design of assemblies in the FreeCAD software. *Technologia I Automatyizacja Montażu (Assembly Techniques and Technologies)*, [S.I.], v. 127, n. 1, p. 74–82, 2025. DOI: <https://doi.org/10.7862/tiam.2025.1.6>. Acesso em: 20 set. 2025.

YOO, Soyoung; KANG, Namwoo. Explainable artificial intelligence for manufacturing cost estimation and machining feature visualization. *Expert Systems with Applications*, [S.I.], v. 183, p. 115430, 2021. ISSN 0957-4174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115430>. Acesso em: 12 set. 2025.

YOO, Soyoung; LEE, Sunghee; KIM, Seongsin; HWANG, Kwang Hyeon; PARK, Jong Ho; KANG, Namwoo. Integrating deep learning into CAD/CAE system:

generative design and evaluation of 3D conceptual wheel. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, [S.l.], v. 64, n. 4, p. 2725–2747, Oct. 2021. DOI: 10.1007/s00158-021-02953-9. Acesso em: 16 set. 2025.

ZOU, Qiang; WU, Yincui; LIU, Zhenyu; XU, Weiwei; GAO, Shuming. *Intelligent CAD 2.0*. [S.l.], 2 out. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2410.03759. Acesso em: 12 set. 2025.

## **SOBRE O(S)AUTOR(ES)**

### **i DARLAN GOMES DE OLIVEIRA FILHO (Autor 1)**



Possui graduação em Engenharia Mecatrônica pela Faculdade Universidade Paulista (2021), cursando atualmente a Pós-Graduação em Inteligência Artificial pela Faculdade SENAI de Informática (2025). Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em design de produto para a indústria automobilística. É engenheiro de produto na empresa Scania, no setor de R&D.  
<https://orcid.org/0009-0009-8017-1080>

### **ii Caique Zaneti Kirilo (Autor 2)**



Possui bacharelado em Ciência da Computação (2012-2015); Mestrado em Engenharia de Produção com ênfase em Inteligência Artificial e Seis Sigma na linha de pesquisa de Métodos Quantitativos em Engenharia de Produção focada em Processos decisórios baseados em lógicas não clássicas (2016-2017); É Doutorando em Engenharia da Informação pela Universidade Federal do ABC. Atua como Professor Universitário e Pesquisador integrante do Grupo de Pesquisa de Engenharia de Software aplicada à criação de Sistemas Críticos, atuando também como orientador em programas de iniciação científica de alunos da graduação.  
<https://orcid.org/0000-0001-5667-0861>