

# VALIDAÇÃO DE MODELOS 3D COM REALIDADE AUMENTADA: OTIMIZANDO O DESIGN E A PRODUÇÃO NA MANUFATURA ADITIVA

## 3D MODEL VALIDATION WITH AUGMENTED REALITY: OPTIMIZING DESIGN AND PRODUCTION IN ADDITIVE MANUFACTURING

Vitor de Oliveira Botelho  
Marcos Vido

### RESUMO

A manufatura aditiva (MA) oferece uma liberdade inédita para criar peças com alta complexidade geométrica. Mas, apesar dessa vantagem, ainda enfrenta um desafio central: garantir que o projeto seja adequado antes da impressão. Quando as falhas só aparecem após a prototipagem física, o resultado são custos elevados, retrabalho e desperdício. Esse problema se agrava porque as ferramentas tradicionais de CAD (Computer Aided Design) nem sempre são intuitivas para manipular modelos 3D, criando um “descompasso” entre o modelo virtual e o produto final.

Neste contexto, a realidade aumentada (RA) surge como um aliado poderoso. Ao permitir visualizar e interagir com o modelo em escala real, dentro do ambiente físico, ela torna possível identificar erros de design antes da impressão e, assim, reduzir tempo e custos.

**Palavras-chave:** Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada, SketchUp, Validação.

### ABSTRACT

Additive manufacturing (AM) offers unprecedented freedom to create parts with high geometric complexity. Yet it still struggles with a key challenge: ensuring design quality before printing. When flaws are found only after physical prototyping, costs rise and time is lost. This issue is compounded by the fact that traditional CAD tools are often unintuitive for 3D model manipulation, creating a gap between the virtual model and the finished product.

Augmented reality (AR) addresses this challenge by enabling full-scale visualization and interaction with the model in its real environment, allowing design issues to be detected early and reducing both cost and waste.

**Keywords:** Additive Manufacturing, Augmented Reality, SketchUp, Validation.

## 1 INTRODUÇÃO

A impressão 3D vem revolucionando a indústria ao permitir a criação de peças complexas e personalizadas com rapidez e flexibilidade. Mas, quando falhas de design só aparecem depois da prototipagem física, os custos e o desperdício de material aumentam.

É nesse ponto que a realidade aumentada se destaca. Ao projetar o modelo 3D no mundo real, ela possibilita uma análise prévia mais precisa. Isso facilita a identificação de defeitos, diminui o número de protótipos necessários e torna o desenvolvimento mais ágil. Este estudo investiga como a RA pode apoiar essa validação antecipada e, com isso, melhorar a eficiência da manufatura aditiva.

### **1.1 Problema de pesquisa**

Como a realidade aumentada pode ajudar a detectar falhas e sugerir melhorias em modelos 3D antes da impressão, reduzindo custos e desperdícios na manufatura aditiva?

### **1.2 Objetivo(s)**

Avaliar a eficácia da RA como etapa de validação de modelos 3D, identificando falhas de design e oportunidades de melhoria antes da impressão

### **1.3 Justificativa**

Produzir peças personalizadas e complexas é uma das grandes virtudes da manufatura aditiva, mas falhas não previstas encarecem o processo. Ao permitir a visualização do modelo em tamanho real no ambiente físico, a RA reduz a necessidade de protótipos físicos, acelera o desenvolvimento e eleva a qualidade final.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A transformação digital abriu novas possibilidades de inovação no projeto e validação de produtos. De acordo com os anais da *31st International Conference on The Digital Transformation in the Graphic Engineering (INGEGRAF 2022)*, tecnologias como BIM, manufatura aditiva e realidade aumentada já vêm sendo aplicadas desde a prototipagem rápida até o ensino de expressão gráfica, reforçando a digitalização como motor de avanço na engenharia (INGEGRAF, 2023).

No caso específico da manufatura aditiva, estudos como o de Newell et al. (2019) apontam que as limitações das ferramentas CAD dificultam explorar plenamente o conceito de *Design for Additive Manufacturing (DfAM)*. Nesse cenário, realidade aumentada e realidade virtual surgem como caminhos promissores para interagir de forma mais intuitiva com modelos 3D e validar projetos de maneira mais ágil. Eckertz, Anacker e Dumitrescu (2022) reforçam essa visão ao apresentar uma solução que integra RA a plataformas colaborativas, permitindo a validação em tempo real e ampliando a participação do cliente no processo.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo adota um estudo de caso único, seguindo as orientações de Robert K. Yin. O objetivo é analisar como a RA pode otimizar a validação de projetos em manufatura aditiva. O foco é a validação de um conjunto de componentes de ferramental automotivo, desde a modelagem 3D até a aprovação do protótipo físico.

#### 3.1 Hipóteses

A RA tende a reduzir o retrabalho físico e a facilitar a detecção de falhas de design que poderiam passar despercebidas em ferramentas CAD tradicionais. Espera-se que a visualização em escala real permita uma interação mais precisa, resultando em menor tempo de desenvolvimento, menos desperdício e custos mais baixos.

#### 3.2 Coleta de Dados

Para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados, será utilizada a triangulação de fontes de evidência, que permite uma análise multifacetada do fenômeno. As fontes de dados incluirão:

Para dar robustez aos resultados, foram combinadas diferentes fontes de evidência:

- **Documentação técnica:** análise de especificações e processos de validação, tanto em CAD quanto em protótipos físicos.
- **Entrevistas semiestruturadas:** com engenheiros e designers para compreender percepções sobre a RA e seus impactos na eficiência do processo.
- **Observação direta:** acompanhamento das sessões de validação em RA, registrando interações e eventuais dificuldades.
- **Análise de artefatos físicos:** comparação entre os modelos 3D validados em RA e os protótipos impressos, observando discrepâncias e falhas.

#### 3.3 Análise

Os dados foram examinados pela técnica de adequação ao padrão, comparando os resultados observados com as proposições iniciais para verificar se a RA realmente reduz defeitos e encurta o tempo de desenvolvimento.

#### 3.4 Considerações Adicionais

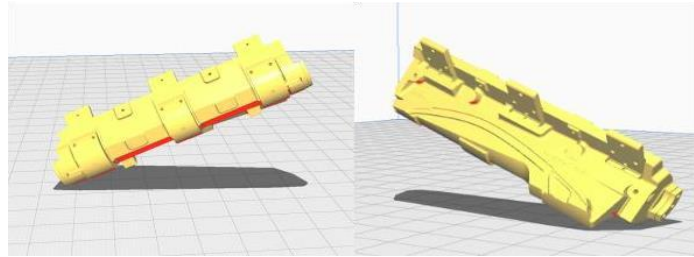
Embora o estudo se concentre em ferramental automotivo, também avalia o potencial de escalar a RA para outros contextos industriais, seja em prototipagem ou produção em série.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo avaliou a eficácia da Realidade Aumentada (RA) como etapa de validação de modelos 3D antes da impressão em manufatura aditiva. Dois modelos automotivos foram desenvolvidos no SketchUp e visualizados em RA via 3D Warehouse, permitindo a identificação antecipada de falhas como espessuras inadequadas e interferências, corrigidas antes da prototipagem física.

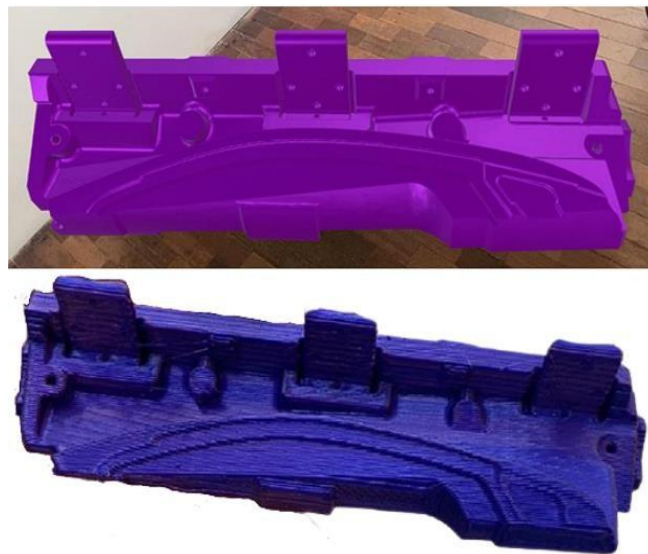
Após os ajustes, os modelos foram impressos e comparados às versões virtuais, demonstrando alta fidelidade e redução de retrabalhos. A RA mostrou-se eficaz na otimização do processo, reduzindo tempo, custo e desperdício de material. Embora haja limitações, como a compatibilidade de dispositivos e a complexidade dos modelos, a RA se destacou como ferramenta promissora para validação de projetos, especialmente em áreas que exigem alta precisão, como a indústria automotiva. A figura 1 trata da visualização em software de modelagem 3D, enquanto a figura 2 traz um comparativo entre a peça já manufaturada e sua condição em RA.

Figura 1 – Cunha Rotativa fatiada



Fonte: Dos autores

Figura 2 – Comparativo entra a Cunha Rotativa em RA e sua impressão



Fonte: Dos autores

## 5 CONCLUSÃO

Validar modelos 3D com realidade aumentada antes da impressão mostrou-se uma estratégia eficaz para antecipar falhas e promover melhorias de design. Isso contribui para reduzir custos, tempo de desenvolvimento e desperdício de material.

Ao permitir a visualização do modelo em escala real no ambiente físico, a RA aumenta a precisão do processo e a qualidade do produto final. Mesmo com limitações técnicas, a tecnologia se destaca como um recurso estratégico para tornar os processos de manufatura aditiva mais eficientes e competitivos.

## REFERÊNCIAS

**INGEGRAF.** *31st International Conference on The Digital Transformation in the Graphic Engineering, INEGRAF 2022.* Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham: Springer, 2023.

**ECKERTZ, D.; ANACKER, H.; DUMITRESCU, R.** Augmented reality-based product validation to support collaborative engineering of complex technical systems. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEARNING AND COLLABORATION TECHNOLOGIES**, 2022. *Lecture Notes in Networks and Systems*, v. 298, p. 451–463. Cham: Springer, 2022.

**NEWELL, A.; GEORGE, A.; PAPAKOSTAS, N.; MALIK, A.; SHORTEN, R.** On design for additive manufacturing: review of challenges and opportunities utilising visualisation technologies. In: **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY AND INNOVATION (ICE/ITMC)**, 2019. *Proceedings...* IEEE, 2019. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICE.2019.8792569>

**YIN, Robert K.** *Estudo de caso: planejamento e métodos.* 5. ed. São Paulo: Pioneira, 2015.

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)

### i VITOR DE OLIVEIRA BOTELHO



Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pelo IFSP (2021), especialista em Docência do Ensino Faculdade de Educação Paulistana (2024). Mestrando em Engenharia de Produção pela UFABC (2026) e graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade São Judas Tadeu (2026).

### ii MARCOS VIDO



Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Nove de Julho (2021) e Mestre em Engenharia Mecânica com ênfase em Gestão de Produção pelo Centro Universitário FEI (2018). Graduado em Engenharia Mecânica Plena pela Universidade de Mogi das Cruzes (1991).