ANÁLISE COMPARATIVA DE SOFTWARES CAD E CAE PARA O SETOR METALMECÂNICO: CUSTO, INTEROPERABILIDADE E INFRAESTRUTURA

Autores: Victor Santos Pinheiro, Nicolly Rodovalho Costa, Marcelo Chagas.

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cachoeiro de Itapemirim, Rodovia ES-482, Fazenda Morro Grande, 29311-970 - Cachoeiro de Itapemirim - ES, Brasil, victorpinheiro584@gmail.com, nicollyrodovalho@gmail.com, marcelo.chagas@ifes.edu.br

Resumo
Este trabalho analisa as principais plataformas de software CAD e CAE para orientar polos metal-mecânicos na seleção e implementação de tecnologias de projeto alinhadas à Indústria 4.0. O estudo avaliou dez ferramentas consolidadas no mercado, focando nas etapas de modelagem geométrica e simulação virtual, estruturando a pesquisa em três pilares analíticos: viabilidade financeira, interoperabilidade de dados e requisitos de infraestrutura computacional. Os resultados demonstram que a adoção de softwares com custo-benefício intermediário são estratégias viáveis para superar as altas barreiras financeiras de aquisição. Além disso, a pesquisa conclui que a eficiência do fluxo de desenvolvimento depende de investimentos assertivos em hardware, adequando a infraestrutura aos diferentes perfis de exigência computacional de cada tecnologia. Constatou-se que sistemas CAD demandam equipamentos otimizados para velocidade de processamento e aceleração gráfica, enquanto ambientes CAE requerem arquiteturas focadas em alto volume de cálculo simultâneo e elevada capacidade de memória RAM.
Palavras-chave: *Computer-Aided Design* (CAD). *Computer-Aided Engineering* (CAE). Interoperabilidade. Setor metalmecânico.

Área do Conhecimento: Engenharia Mecânica.

Introdução

A comunicação gráfica, essencial para a expressão humana, encontrou no desenho técnico a sua forma mais rigorosa e clara, eliminando ambiguidades. Nas últimas décadas, o desenvolvimento da informática transformou profundamente essa disciplina na engenharia. Segundo Pelisser et al. (2021), a utilização de sistemas informatizados tornou-se fundamental para a automação e o gerenciamento contínuo das fases de projeto. A transição do traço analógico para o digital consolidou os sistemas CAD (Computer-Aided Design) como ambientes de modelagem paramétrica robustos. O CAD permitiu a criação de modelos precisos por meio de comandos geométricos, estabelecendo o "gêmeo digital" de componentes físicos.

A utilidade desse modelo 3D expande-se significativamente quando integrado aos sistemas CAE (Computer-Aided Engineering). Nessa etapa, a geometria estática adquire características físicas reais, alinhando-se às especificações do material (limite de escoamento, dureza) e às restrições de uso. Por meio de métodos numéricos, como o Método dos Elementos Finitos (MEF), o CAE possibilita simulações dinâmicas estruturais, térmicas e de fluidos. Os resultados, frequentemente expressos em mapas de tensão, oferecem um diagnóstico visual do comportamento da peça sob esforço, permitindo otimizações ainda na concepção e reduzindo drasticamente a dependência de protótipos físicos.

A eficiência desse fluxo de trabalho reside na interoperabilidade de dados. A integração entre a modelagem geométrica e a validação virtual é considerada um dos pilares da Indústria 4.0, possibilitando otimizar o desenvolvimento e reduzir os ciclos de projeto de novos produtos em cerca de 30% (CIORAP; GURES; DUMITRAȘ, 2022). No contexto industrial, a adoção dessas tecnologias apresenta-se como um vetor estratégico para elevar a competitividade e a precisão técnica, especialmente no fortalecimento de polos metal-mecânicos locais.

Diante da vasta gama de soluções computacionais disponíveis, este trabalho tem como objetivo apresentar um levantamento analítico das principais ferramentas CAD e CAE do mercado. Esse trabalho se propõe à sintetização desses softwares, para um melhor entendimento do uso dessas tecnologias no contexto industrial, o estudo delimita seu escopo na comparação das modalidades de

licenciamento (empresarial e educacional) e na avaliação das exigências de hardware necessárias para o processamento eficiente das rotinas de modelagem e simulação virtual.

Metodologia

A presente investigação caracteriza-se como um estudo qualitativo e exploratório, fundamentado em uma análise comparativa de base tecnológica entre ferramentas computacionais de engenharia (MATYGOV; ASHKHOTOVA; SOKOLOV, 2024). O objetivo central reside na investigação das interpolaridades, modalidades de aquisição e requisitos de infraestrutura das principais plataformas computacionais de suporte à engenharia (CAD e CAE).Para viabilizar a pesquisa, a etapa inicial concentrou-se na seleção dos softwares, adotando como critério a consolidação dessas ferramentas no mercado industrial e acadêmico. Além da usabilidade, avaliou-se a capacidade de interoperabilidade entre os ambientes de modelagem geométrica e simulação, garantindo que a transição de dados técnicos do CAD para a validação no CAE ocorra de maneira precisa e adequada às necessidades de projeto.

Com as ferramentas definidas, o estudo procedeu a um levantamento comparativo das licenças de uso. Esta etapa metodológica foi delimitada aos módulos CAD, visto que as soluções CAE frequentemente adotam precificação sob demanda ou pacotes modulares customizados, o que dificulta a padronização, estabelecendo um paralelo direto entre as restrições e as funcionalidades disponibilizadas nas modalidades empresarial e educacional. Por fim, a pesquisa estruturou uma análise dos requisitos de hardware recomendados para cada sistema. Essa avaliação diferenciou as demandas computacionais específicas da modelagem tridimensional, que geralmente requisita alto desempenho gráfico e processamento, visto que essa capacidade do hardware é indispensável para obtenção de simulações e resultados coerentes.

Resultados

A etapa de mapeamento identificou cinco soluções consolidadas para a modelagem geométrica (CAD) e cinco ferramentas dedicadas à fase de validação e simulação virtual (CAE), conforme listado na Tabela 1 (MAGOMEDOV; BAGOV; ELMURZAEV, 2021).

Tabela 1 - Softwares escolhidos para a pesquisa.

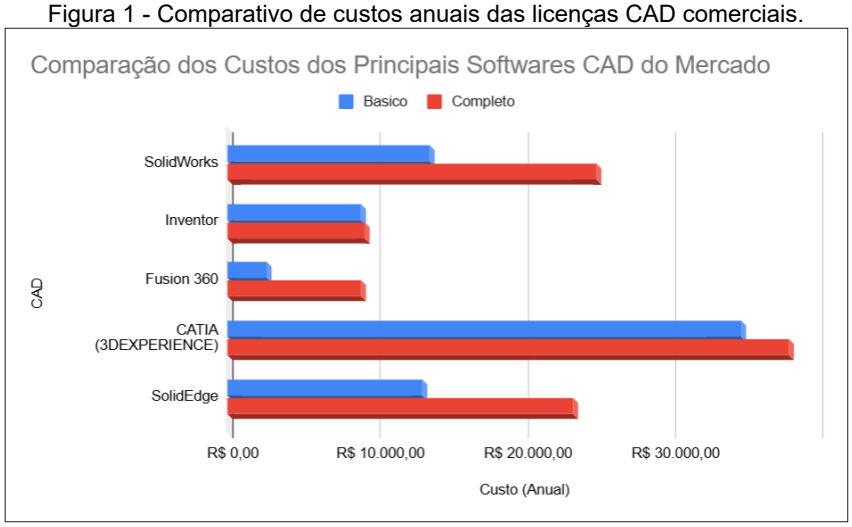
CAD	Desenvolvedores (CAD)	CAE	Desenvolvedores (CAE)
SolidWorks	Dassault Systèmes	ANSYS	Ansys, Inc.
Inventor	Autodesk	ANSA	BETA CAE Systems
Fusion 360	Autodesk	Abaqus	Dassault Systèmes (SIMULIA)
CATIA (3DEXPERIENCE)	Dassault Systèmes	Inventor Nastran	Autodesk
SolidEdge	Siemens	OpenFOAM	OpenCFD Ltd / The OpenFOAM Foundation

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Foi realizado o levantamento dos custos anuais de licenciamento empresarial para as plataformas CAD citadas acima; a Figura 1 ilustra esse comparativo dos softwares.

No que se refere ao incentivo educacional, o levantamento aponta que as plataformas SolidWorks, Inventor, Fusion 360 e SolidEdge disponibilizam versões de estudante gratuitas. O ecossistema CATIA (3DEXPERIENCE), por sua vez, destoa dessa gratuidade, comercializando sua licença estudantil por R$ 302,23.

Figura 1 - Comparativo de custos anuais das licenças CAD comerciais.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Os dados indicam que o software CATIA apresenta o maior custo do mercado analisado, com licenças básicas e completas ultrapassando a faixa de R$ 30.000,00 anuais. Em contrapartida, o Fusion 360 registra o menor custo financeiro para a versão básica. Softwares como SolidWorks e SolidEdge exigem investimentos que variam de aproximadamente R$ 12.000,00 (pacote básico) a mais de R$ 20.000,00 (pacote completo). O Inventor posiciona-se em uma faixa intermediária, com custos anuais em torno de R$ 10.000,00 para a versão inicial.

Em relação à infraestrutura computacional, a Tabela 2 detalha os requisitos identificados para os softwares de modelagem (CAD):

Tabela 2 - Requisitos de Hardware Recomendados para Softwares CAD.

Software	Processador	Memória RAM	Placa de vídeo	Armazenamento	Sistema operacional
SolidWorks	Intel Core Ultra 7 (Série 200)	16 GB (Mín)	RTX 2000 Ada+ / RTX PRO 500+	SSD PCIe 512 GB	Windows 11 macOS 14.0
Inventor	3.0 GHz+ (4 ou mais núcleos)	16 GB (Mín)	GPU 2 GB a 8 GB (DirectX 11)	SSD NVMe 512 GB	Windows 10/11 (64 bits)
Fusion 360	x86-64 (2+ núcleos, 3.0 GHz+)	8 GB (Mín)	Dedicada ou Integrada (DirectX 11)	SSD 256 GB	Windows 11 macOS 14+
CATIA (3DEXPERIENCE)	Multi-core 64 bits (Ex: Intel i5/i7)	8 GB+ (3-6 GB por núcleo)	Placa de vídeo Dedicada	SSD SATA ou NVMe	Windows 10/11 (64 bits)
SolidEdge	i7 / Ryzen 7 (64 bits)	16 GB (Mín)	RTX Série A / Radeon Pro (4-8 GB)	SSD NVMe	Windows 10/11 Pro ou Ent

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Os resultados apontam a exigência de processadores com alto desempenho de núcleo único (frequências operando acima de 3,0 GHz) e placas de vídeo dedicadas, como NVIDIA RTX ou AMD Radeon Pro. A memória RAM recomendada consolidou-se em 32 GB na maior parte dos sistemas analisados. O uso de armazenamento em estado sólido (SSD NVMe PCIe) é indicado de forma unânime pelas desenvolvedoras.

Para o ambiente de simulação virtual (CAE), os requisitos computacionais levantados apresentam-se na Tabela 3, em concordância com levantamentos comparativos de pacotes de análise (MAGOMEDOV; SEBAEVA, 2020):

Tabela 3 - Requisitos de Hardware Recomendados para Softwares CAE.

Software	Processador	Memória RAM	Placa de vídeo	Armazenamento	Sistema operacional
ANSYS	4 a 16 núcleos (Alta Frequência)	8/16 GB (Mín)	OpenGL Básica / RTX/Quadro/ Pro	100 GB a 1 TB (SSD NVMe Rec)	Windows 10/11 (64 bits) Linux (CentOS/Ubuntu)
ANSA	Intel Core i5 / AMD Ryzen	16 GB (Mín)	GPU com 2 GB (OpenGL 4.5)	SSD NVMe 512 GB ou superior	Windows 10/11 ou Linux
Abaqus	8 a 16 núcleos (3.2+ GHz)	16 GB (Mín)	NVIDIA RTX / Série RTX A	SSD de 512 GB	Windows ou Linux (64 bits)
Inventor Nastran	2.5 GHz ou superior	8 GB (Mín)	Dedicada de 1 GB (DirectX 11)	40 GB de espaço livre	Windows 10/11 ou Linux (RHEL)
OpenFOAM	Multi-core (8 ou mais núcleos)	16 GB (Mín)	Básica (Integrada ou Dedicada de entrada)	SSD NVMe 256 GB	Linux (Nativo) ou Windows (via WSL)

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Nesta categoria, softwares como ANSYS e Abaqus requisitam processadores operando com 8 a 16 núcleos. A exigência de memória RAM estabelece 16 GB como requisito mínimo geral, com recomendações de 32 GB a 64 GB para análises no ANSYS. Em relação aos sistemas operacionais, observa-se que as ferramentas CAE apresentam suporte oficial para distribuições de base Linux, além do Windows, enquanto o ecossistema CAD baseia-se prioritariamente em Windows e macOS.

Discussão

Os dados levantados evidenciam que a seleção de plataformas CAD e CAE ultrapassa a simples preferência operacional, configurando-se como uma decisão de infraestrutura estratégica que impacta diretamente os custos e o fluxo de projetos de engenharia.

No que tange à interoperabilidade, a presença de soluções integradas (a exemplo do ecossistema nativo entre Inventor e seu solver Nastran) demonstra uma forte tendência para mitigar a perda de dados. A capacidade de transitar do modelo geométrico paramétrico diretamente para a malha de elementos finitos (MEF), sem a necessidade de exportação prévia para formatos neutros (como STEP ou IGES), elimina ambiguidades geométricas e minimiza retrabalhos, corroborando a otimização do ciclo de desenvolvimento de produtos na manufatura.

A análise financeira revela que o alto custo de aquisição de licenças empresariais de softwares high-end, como o CATIA, pode representar uma barreira de entrada significativa, especialmente para a modernização de pequenas e médias empresas inseridas em polos metal-mecânicos locais. Nesse cenário, soluções com balanço intermediário de custo e robustez (como SolidWorks, SolidEdge e o próprio Inventor) consolidam-se como as escolhas predominantes para o desenvolvimento de projetos industriais cotidianos. Paralelamente, a disponibilização de licenças educacionais gratuitas assume um papel vital. Segundo Sola-Guirado, Guerrero-Vacas e Rodríguez-Alabanda (2022), essa

política das empresas viabiliza as pesquisas acadêmicas, assegura que os futuros profissionais cheguem ao chão de fábrica e aos escritórios de projeto já familiarizados com as ferramentas padrão da indústria, reduzindo o tempo de treinamento corporativo.

Contudo, ao expandir essa análise para o ambiente de simulação (CAE), nota-se uma dinâmica distinta. A pesquisa aponta que plataformas como ANSYS e Inventor Nastran oferecem versões estudantis gratuitas, o Abaqus conta com a 'Abaqus Learning Edition' e o OpenFOAM fundamenta-se como uma opção de código aberto (opensource). Em contrapartida, soluções como o ANSA sequer possuem versão direcionada a estudantes. Mais importante ainda é ressaltar que, diferentemente da flexibilidade encontrada nas modelagens geométricas, as versões student dos softwares CAE são altamente limitadas. Restrições severas no número máximo de nós e elementos computáveis na malha impedem a resolução de problemas físicos de escala industrial, limitando essas versões estritamente a validações conceituais acadêmicas básicas.

Por fim, o contraste nas exigências de hardware explicita a necessidade de investimentos direcionados em TI. Os resultados confirmam que estações de trabalho destinadas à modelagem (CAD) devem priorizar clock elevado (processamento de núcleo único) e aceleração gráfica dedicada (GPU) para suportar a manipulação fluida de grandes montagens. Em contrapartida, as rotinas de simulação (CAE) exigem uma arquitetura voltada ao processamento paralelo (multi-core) e alta capacidade de memória RAM para a resolução de matrizes complexas. Essa distinção sinaliza que a eficiência em ambientes de validação virtual depende da montagem de workstations com perfis de hardware específicos para cada etapa do trabalho, evitando tanto o subaproveitamento de componentes caros quanto gargalos técnicos durante as simulações dinâmicas.

Conclusão

Este estudo evidenciou que a seleção de ferramentas CAD e CAE para polos metal-mecânicos vai além da preferência técnica, exigindo uma análise estratégica baseada em três pilares: interoperabilidade, viabilidade financeira e requisitos de infraestrutura.

Conclui-se que o sucesso na adoção dessas tecnologias depende do alinhamento preciso entre o software escolhido e o hardware disponível. A pesquisa desmistifica a ideia de uma estação de trabalho universal, demonstrando que os investimentos em TI devem ser divididos e direcionados conforme as demandas específicas de modelagem geométrica ou simulação numérica.

Por fim, diante dos altos custos de licenciamento empresarial, o uso de pacotes intermediários e a exploração de licenças educacionais despontam como as estratégias mais eficazes. Essas alternativas superam as barreiras financeiras de pequenas e médias empresas, garantem a capacitação contínua da mão de obra e impulsionam a competitividade da indústria local frente às demandas da Indústria 4.0.

Referências

AUTODESK. **Software Autodesk Inventor**. [S. l.]: Autodesk, 2026. Disponível em: https://www.autodesk.com/br/products/inventor/overview. Acesso em: 13 ago. 2026.

AUTODESK. **Autodesk Fusion**. [S. l.]: Autodesk, 2026. Disponível em: https://www.autodesk.com/br/products/fusion-360/overview. Acesso em: 13 ago. 2026.

CIORAP, M.; GURES, D.; DUMITRAȘ, C. G. A computer aided design software comparative study with applications in Industry 4.0 – smart manufacturing. **Buletinul Institutului Politehnic din Iaşi**, Iaşi, v. 68, n. 1, p. 47-68, 2022.

DASSAULT SYSTÈMES. **What is the price of CATIA? A comprehensive buying guide**. [S. l.]: Dassault Systèmes, 2026. Disponível em: https://www.3ds.com/store/what-price-catia-comprehensive-buying-guide. Acesso em: 13 ago. 2026.

MAGOMEDOV, I. A.; SEBAEVA, Z. S. Comparative study of finite element analysis software packages. **Journal of Physics: Conference Series**, [S. l.], v. 1515, n. 3, p. 032073, 2020.

MAGOMEDOV, I. A.; BAGOV, A. M.; ELMURZAEV, A. A. Comparative analysis of CAD software packages for engineering design. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [S. l.], v. 1155, n. 1, p. 012083, 2021.

MATYGOV, M.; ASHKHOTOVA, A.; SOKOLOV, V. Comparative analysis of engineering tools for modeling and analysis. **ITM Web of Conferences**, [S. l.], v. 2024, p. 440-453, 2024.

MECHWORKS TECNOLOGIA. **SOLIDWORKS Design Connected**. [S. l.]: Mechworks, 2026. Disponível em: https://mechworks.com.br/sw-design-connected/. Acesso em: 13 ago. 2026.

PELISSER, C.; CAPELETTO, A.; HOELSCHER, F. F.; MARTINI, J.; BET, F. J.; ZILIO, D. M. CAD/CAE/CAM aplicados ao layout, design e modelagem industrial: uma revisão. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 63-74, 2021.

SIEMENS DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE. **Designcenter Solid Edge**. [S. l.]: Siemens, 2026. Disponível em: https://www.dex.siemens.com/plm/solid-edge/. Acesso em: 13 ago. 2026.

SOLA-GUIRADO, R. R.; GUERRERO-VACAS, G.; RODRÍGUEZ-ALABANDA, Ó. Teaching CAD/CAM/CAE tools with project-based learning in virtual distance education. **Education and Information Technologies**, [S. l.], v. 27, p. 5051-5073, 2022.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio e subvenção da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), em junção ao IFES - Campus Cachoeiro de Itapemirim.