



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

**CAD PARA DESENVOLVIMENTO DE COMPONENTE AUTOMOTIVO:
DEFLETOR DE RADIADOR PARA VEÍCULOS COMERCIAIS**

**CAD FOR AUTOMOTIVE COMPONENT DEVELOPMENT:
RADIATOR DEFLECTOR FOR COMMERCIAL VEHICLES**

Paulo André da Silva Martins^{1, i}
Daniel Camusso^{2, ii}
Sergio Tadeu Bernatavicius^{3, iii}
Rudolfo Hesse^{4, iv}

Data de submissão: (12/09/2022) Data de aprovação: (24/11/2022)

RESUMO

A indústria automotiva brasileira superou diversas crises, como volatilidade cambial, planos econômicos, excesso de capacidade e mais recentemente o desarranjo da cadeia produtiva provocado pela Covid. O investimento em novas tecnologias no desenvolvimento de seus veículos é a chave para a busca de resultados positivos. Esse artigo tem como objetivo mostrar a importância da ferramenta CAD (Desenho Assistido por Computador) dentro de uma empresa automotiva multinacional. Tomou-se como exemplo o produto defletor de ar do radiador, abordando desde a conceituação do produto até o desenho definitivo. O resultado esperado foi realizado no ciclo de três meses, desde a concepção até a entrega para o primeiro lote de peças na linha de produção, contribuindo para o aumento de produtividade da empresa. Será feita uma introdução à disciplina de desenvolvimento do produto com foco na etapa de conceituação do produto, tendo como resultado um componente automotivo em CAD que atenda os critérios exigidos pela empresa automotiva estudada, bem como sua contribuição para aumentar a competitividade da empresa.

Palavras-chave: CAD; CATIA; processo de desenvolvimento de produto automotivo.

¹ Engenheiro de Produção com ênfase automotiva (FER). Pós-graduando em Projeto, Manufatura e Engenharia auxiliados por Computador (CAD/CAM/CAE). E-mail: pa.itau@hotmail.com

² Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica Especialista em Engenharia Automobilística. E-mail: daniel.camusso@sp.senai.br

³ Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica Especialista em *Supply Chain Management* (SCM), Automóvel, *Design*, Tecnologia, Qualidade, Produção e Administração. E-mail: sergio.tadeu@sp.senai.br

⁴ Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica Especialista em Usinagens / Processos / Materiais. E-mail: rudolfo.hesse@sp.senai.br

ABSTRACT

The Brazilian automotive industry has overcome several crises, such as exchange rate volatility, economic plans, overcapacity and more recently the disarray of the production chain caused by Covid. Investing in new technologies in the development of your vehicles is the key to the search for positive results. This article aims to show the importance of the CAD (Computer Aided Design) tool within a multinational automotive company. It took as an example the radiator air deflector, addressing from the conceptualization of the component to the definitive design. The expected result was realized during three months, from conception to delivery to the first batch of parts on the production line, contributing to the company's productivity increase. An introduction will be made to the discipline of product development focusing on the product conceptualization phase, resulting in an automotive component in CAD that meets the criteria required by the automotive company studied, as well as its contribution to increase the competitiveness of the company.

Keywords: CAD; CATIA; automotive product development process.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a competição entre as empresas automotivas fez surgir melhorias de produto, qualidade e redução de tempo gasto no ciclo de desenvolvimento de produto. As empresas automotivas vêm fazendo investimentos em ferramentas e metodologias de desenvolvimento de produto visando aumentar seus resultados. Uma das áreas responsáveis por introduzir novas soluções de produto é a Engenharia de Conceituação do Produto (ECP). Nessa área é estudada novas propostas para cada necessidade de desenvolvimento de produto utilizando recursos de CAD (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*) e fornecendo informações construtivas para ferramentas de CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Além disso, a ECP busca continuamente soluções otimizadas afim de obter novos projetos por meio de inovações tecnológicas associadas ao produto com o objetivo de tornar a empresa mais competitiva, reduzindo custos e complexidade dos produtos. É um diferencial de empresas automotivas utilizarem ferramentas de CAD/CAE/CAM na etapa de conceituação do produto, pois possibilitam a ECP antecipar problemas e estabelecer critérios de desenvolvimento, buscando soluções efetivas nas etapas iniciais do projeto onde os investimentos são mais baratos conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Caso real de redução de custo nas etapas iniciais de projeto ao utilizar CAD/CAE/CAM na empresa estudada



Fonte: Baseado em Volkswagen Caminhões e Ônibus, 2009

1.1 Problema de pesquisa

Diante da necessidade de desenvolver um novo componente para conseguir resultados positivos, faz-se necessário a utilização de ambiente 3D representativo onde o componente terá função. Esse ambiente 3D é obtido através de *software* de construção de estrutura de produto que compila as informações necessárias para construção do ambiente. Exemplos de *softwares* de construção de estrutura de produto são aqueles denominados PLM (*Product Lifecycle Management*) que além de fornecerem informações compartilhadas entre as áreas da empresa, faz-se também de modo preliminar a representação tridimensional de ambientes para construção de novos componentes.

Para conseguir representar tridimensionalmente o ambiente necessário, o responsável pelo desenvolvimento do produto certifica-se das informações preliminares que podem ser existentes no ambiente do PLM acrescidas ou não de novas informações. Após garantir a fidelidade do ambiente tridimensional é possível desenvolver e refinar propostas para a busca de soluções dos problemas.

1.2 Objetivos

O objetivo desse artigo consiste no projeto e desenvolvimento de um componente automotivo na etapa de conceituação do produto sendo abordados os benefícios da utilização de ferramentas CAD nessa etapa. Será estudado um caso real dentro de uma empresa automotiva de veículos comerciais.

O componente automotivo desenvolvido será um defletor de radiador utilizando o *software Dassault Systemes CATIA V5*, podendo assim ser manufaturado e testado, seguindo os critérios da empresa em estudo.

1.3 Justificativa

Atualmente grandes empresas do setor automotivo fazem uso de ferramentas e recursos de CAD/CAM/CAE para tornar possível a criação de protótipos virtuais. Os protótipos virtuais servem para antecipar os protótipos físicos tornando possíveis análises que fornecem ganhos de tempo, custo e detecção de problemas. Isto torna o projeto e processo construtivo mais eficiente e lucrativo.

As empresas ainda precisam da validação física dos seus produtos, porém a assertividade do projeto e conseqüentemente a redução da quantidade de protótipos, tiveram grande contribuição das tecnologias CAD/CAM/CAE.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desenvolvimento de produtos automotivos

Segundo Clemente (1998), “o termo projeto está associado à percepção de necessidades ou oportunidades de certa organização. O projeto dá forma à ideia de executar ou realizar algo, no futuro, para atender as necessidades ou aproveitar oportunidades”.

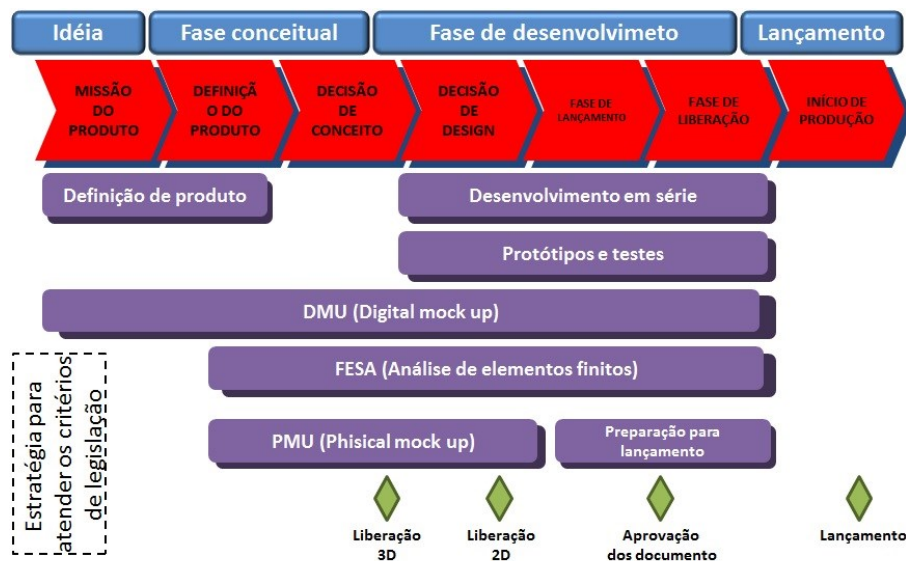
Os autores Ullman; Wood e Craig (1990), Suwa e Tversky (1997) e Cross (1999) tratam desenhos técnicos como linguagem do projeto, pois permitem a comunicação entre

projetistas, técnicos e todos que dominam essa linguagem. Porém, faz-se necessário domínio e recursos para interpretação.

A empresa estudada, utiliza uma metodologia própria (figura 2) baseada em ciclos de desenvolvimento que finalizam com a liberação do produto tridimensional, desenho de fabricação, documentos de ensaios, normativas e instruções de montagem.

Para Ulrich e Eppinger (2000) na etapa de desenvolvimento de produto os protótipos servem para quatro propósitos: aprender, comunicar, integrar e eventos temporais.

Figura 2– Ciclo de desenvolvimento do produto estabelecido pela empresa estudada



Fonte: Elaborado pelo autor com base em *Product Lifecycle*, 2013

2.2 Ferramenta CAD

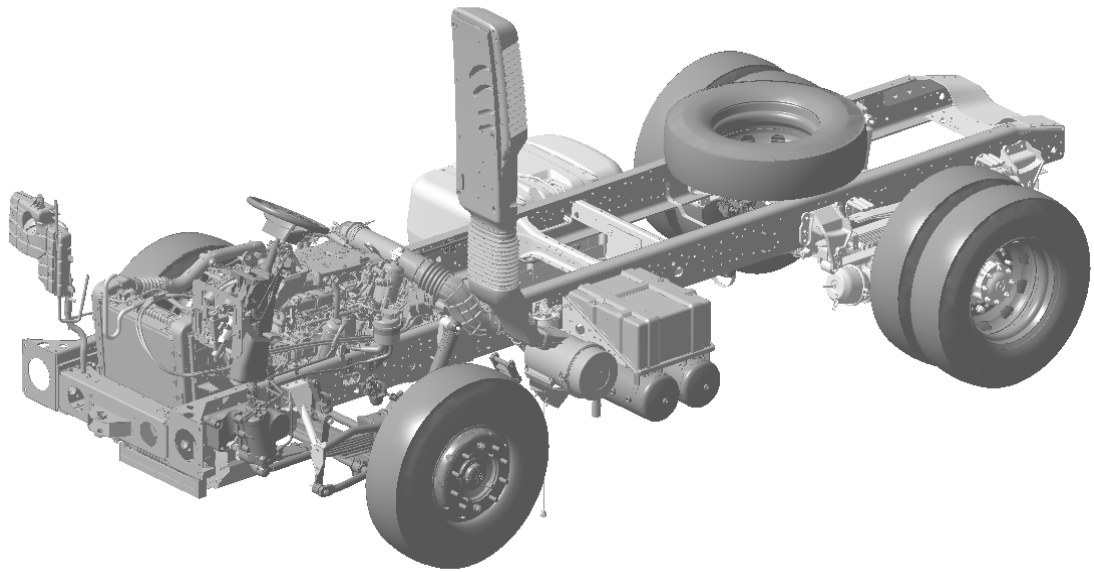
Conforme Groover e Zimmers Junior (1984), “a tecnologia CAD pode ser definida como a utilização de um sistema computacional para o auxílio na criação, modificação, análise e/ou otimização de um projeto”.

Terreo (2007) diz que: “A utilização de *softwares* apropriados de CAD e de PLM, além de *hardware* com capacidade adequada, é um dos fatores que influenciam no grau de confiança que se pode ter nos Protótipos Virtuais”.

Essas ferramentas consistem em *softwares* específicos, com funções destinadas aos projetos, análises estruturais e análises de fabricação e manufatura de um produto (AMARAL, 2010).

A empresa automotiva em estudo utiliza os recursos de CAD com base no *software* CATIA V5 (*Dassault Systemes*). Os profissionais da ECP fazem uso dos módulos: *Mechanical Design* (*PartDesign, Assembly, Drafting, Sheet Metal Design*), *Shape* (*Generative Shape Design*), *Digital MockUp* (*DMU Navigator, DMU Space Analysis, DMU Kinematics, DMU Fitting*). O ambiente virtual é uma representação tridimensional composta por componentes do banco de dados da empresa que são agrupadas de modo funcional de acordo com sua aplicação. Esses componentes são controlados através da lista BoM (*Bill of Material*) que tipifica todas as características de controle do projeto (Código de peça, peso, quantidade, material, cor e etc). A figura 3 representa a montagem completa onde cada componente é posicionado de acordo com a sua funcionalidade.

Figura 3 – Ambiente virtual



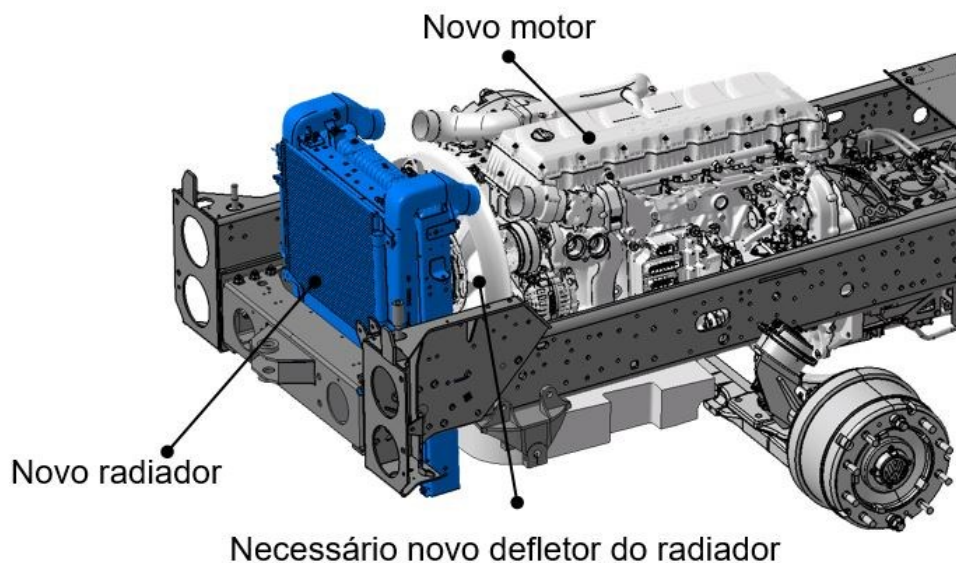
Fonte: Elaborado pelo autor

3 METODOLOGIA

A empresa em estudo comercializa veículos comerciais no mercado mundial e a ECP desenvolve os requisitos e premissas do novo projeto, alinhadas com as propostas de mercado da empresa.

A necessidade do novo componente é em função da utilização de um novo motor que demanda novos componentes para viabilizar a instalação. Com isso, um novo radiador será instalado para suprir a necessidade de arrefecimento do conjunto, conforme figura 4.

Figura 4 – Imagem da nova instalação do motor

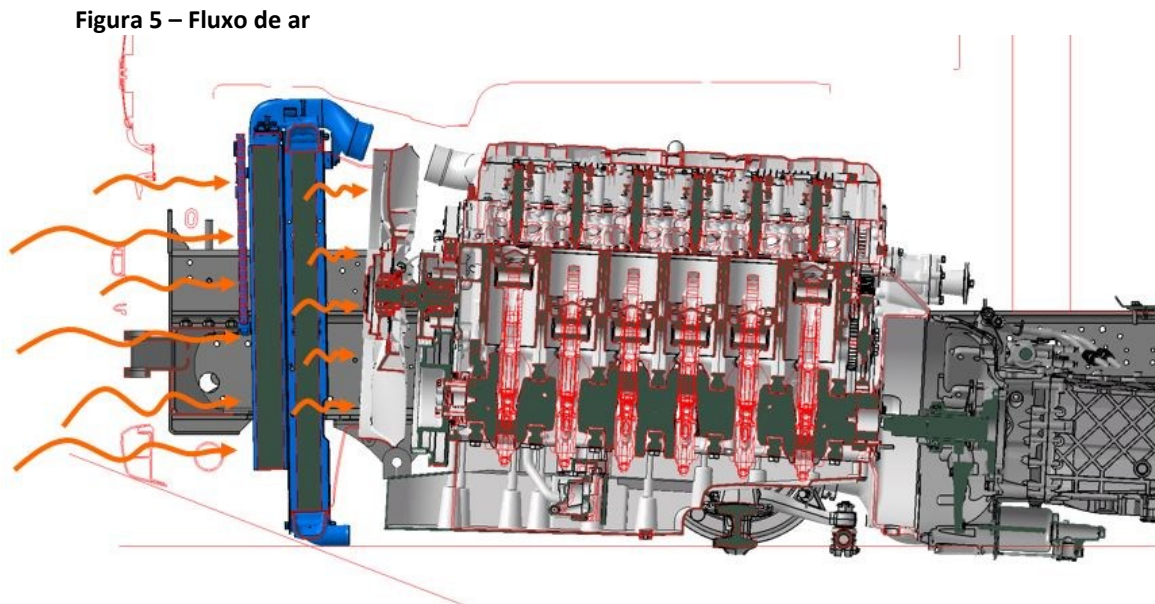


Fonte: Elaborado pelo autor

O arrefecimento é responsável por manter o motor em sua temperatura ideal de trabalho evitando uma grande dilatação dos componentes e conseqüentemente uma perda

precoce de desempenho levando a mau funcionamento e quebra. O controle de temperatura é importante para diminuir a emissão de poluentes e melhorar o consumo de combustível.

O fluxo de ar faz parte do circuito de arrefecimento do motor, tendo como principal função ventilar o radiador auxiliando a hélice do motor na troca de calor entre a água que passa no radiador com o ar atmosférico durante o deslocamento do veículo. Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de um novo defletor de radiador para direcionar o fluxo de ar e permitir o melhor aproveitamento do fluxo de ar o sistema de arrefecimento, conforme figura 5.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 Critérios para desenvolvimento do defletor do radiador

Os critérios estabelecidos pela empresa são baseados no histórico de desempenho de campo que gerou documentos internos que mencionam as características construtivas que são recomendadas para evitar os mesmos erros. Esses documentos são de uso interno e tratados como IT (Instrução de Trabalho) que são atualizados conforme surgem eventos ou novas necessidade.

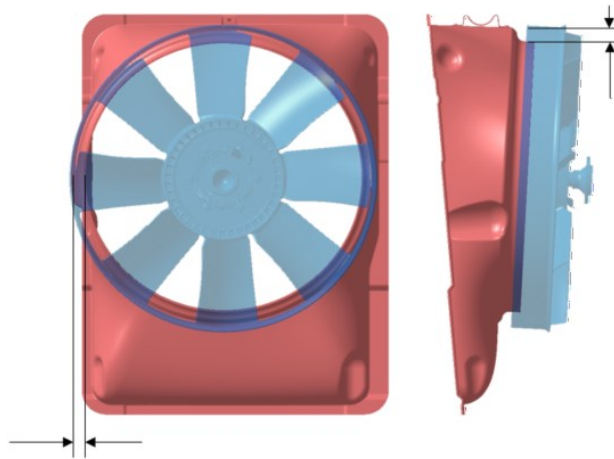
Também se considera as restrições construtivas de acordo com o processo de produção que são informadas pelos fornecedores dos componentes.

Portanto, o defletor do radiador em desenvolvimento deve seguir as orientações acima e as especificações descritas abaixo (especificações da IT):

- a) Não deve ter interferência e folgas abaixo de 10mm com outros componentes que compõe o ambiente em condições estáticas (veículo parado) e dinâmicas (veículo em operação);
- b) Atender as dimensões mínimas construtivas para que seja possível a sua produção, conforme orientação do fabricante;
- c) Checar a correta montagem entre o defletor e o radiador;
- d) Checar a correta montagem entre o adaptador da hélice e a porca da embreagem da hélice fazendo um corte com o plano “xz” nas duas peças;
- e) Checar a viabilidade de montagem do pacote de arrefecimento considerando o pacote montado (radiador mais defletor do radiador);

- f) Checar a distância entre o defletor do radiador e o cárter;
- g) Quando o defletor do radiador for desenvolvido, deve-se prestar atenção ao sentido que será acrescentado a espessura (para não diminuir a folga com a hélice do radiador)
- h) Checar o quanto a hélice está dentro do defletor do radiador.
 - a. No caso de hélice aberta (tipo de hélice sem bico típico de veículos comerciais): esta distância deve ser de no máximo $2/3$ da largura da hélice.
 - b. No caso de hélice com “anel de jato” (tipo de hélice com bico típico de veículos comerciais): a ponta deve estar passando a largura da hélice em 3mm.
- i) Checar a distância entre hélice e defletor do radiador considerando o movimento de “pitch” do motor (rotação no eixo “y”);
- j) Não considerar abertura de ar entre a hélice e o defletor do radiador, pois esta é uma condição extrema;

Figura 6 – Referências de cotas de controle



Fonte: Elaborado pelo autor

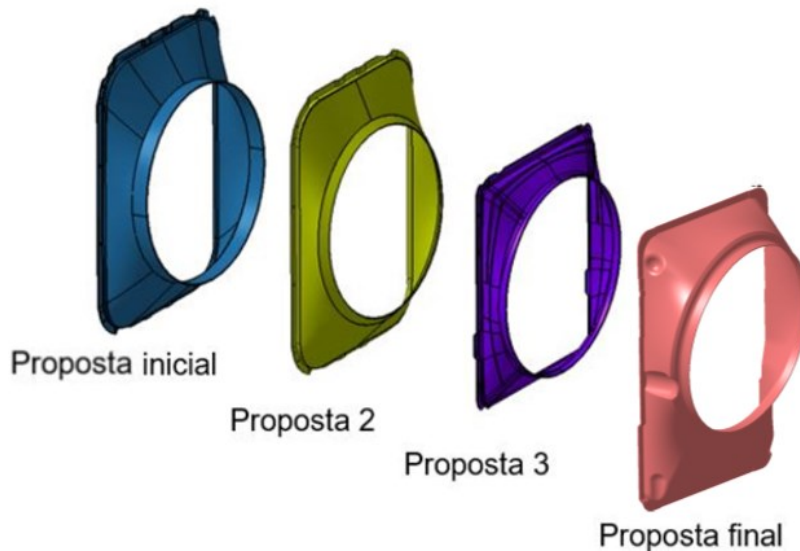
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ECP é formada por profissionais que dominam os recursos disponíveis e que através do tempo acumulam conhecimentos que os tornam mais produtivos na etapa de conceituação do produto, pois o ganho em tempo, custo e qualidade são diferenciais e vantagens competitivas da ECP.

Com as premissas estabelecidas e recursos disponibilizados, é possível mensurar o trabalho necessário para a concepção do componente automotivo e estipular o cronograma para controlar a execução do trabalho visando atender os ciclos estabelecidos pela empresa em estudo. As propostas de projeto são desenhadas em *softwares* de CAD e a ECP envolve outras áreas da empresa em reuniões multidisciplinares para apresentação e discussão do projeto, tornando-o mais eficaz e atualizado conforme necessidade de projeto. Nessa fase, os fornecedores do componente (fabricantes) também são consultados para opinarem quanto as restrições e características construtivas do componente, custos referentes ao investimento necessário para produção do produto e preço final. A figura 7 apresenta a evolução do novo

defletor do radiador respeitando os critérios do projeto e as sugestões dos demais *stakeholders*.

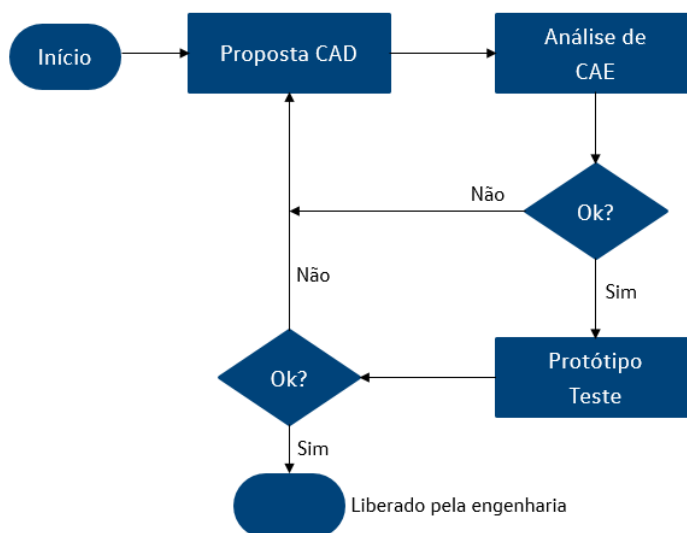
Figura 7 – Novo defletor do radiador



Fonte: Elaborado pelo autor

Com o modelo matemático definido, começa a análise de elementos finitos (CAE) que analisará o fluxo de ar e resistência estática do novo componente. A figura 8 exemplifica o fluxograma desta etapa.

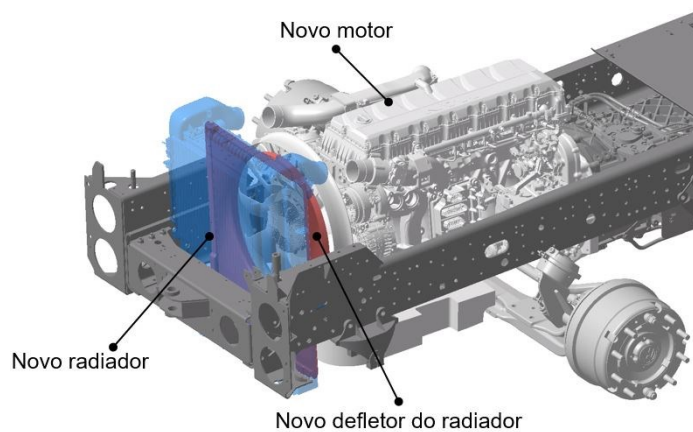
Figura 8 – Fluxograma de aprovação do novo componente



Fonte: Elaborado pelo autor

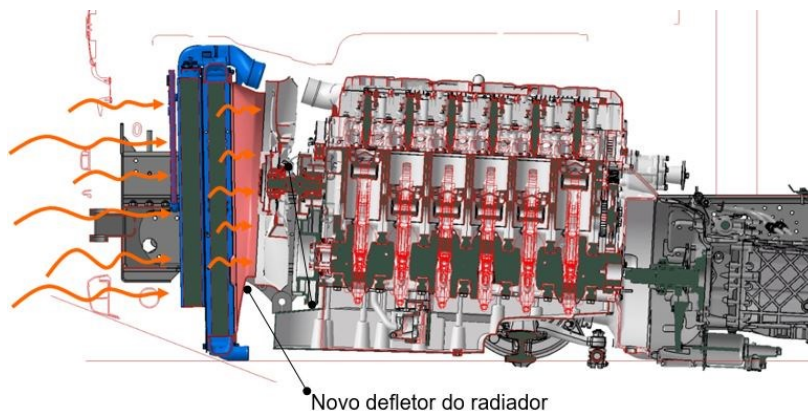
Após aprovação dos especialistas da ECP, o componente pode seguir seu fluxo de desenvolvimento até sua liberação para teste e as figuras 9 e 10 apresentam a versão final do defletor do radiador que foram documentados e compartilhados com os responsáveis.

Figura 9 – Novo defletor do radiador



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 – Visão frontal. Novo defletor do radiador

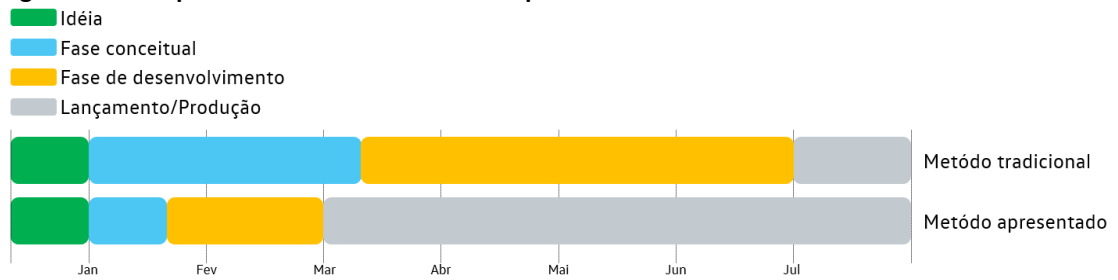


Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

A aplicação das ferramentas CAD e CAE no desenvolvimento de novos projetos em três dimensões, tornou uma ferramenta fundamental no trabalho multidisciplinar do departamento ECP para confecção de componentes automotivos na fase de conceituação do produto. Pode-se dizer que o projeto foi desenvolvido de forma compartilhada, trazendo muitos benefícios como integração das áreas, mitigando os erros, ganhos de experiência da equipe multidisciplinar, controlar os custos e reduzir o tempo dispendido no projeto. Neste caso foram três meses do início do projeto até a entrega do primeiro lote na linha de produção conforme figura 11.

Figura 11 – Tempo de desenvolvimento do componente



Fonte: Elaborado pelo autor

REFERÊNCIAS

AMARAL, Daniel Capaldo. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

CLEMENTE, Ademir. **Projetos empresariais e públicos**. São Paulo: Atlas, 1998.

CROSS, N. Natural intelligence in design. **Design Studies**, v. 20, n. 1, January, p. 25-29, 1999. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142694X9800026X>. Acesso em: 10 nov. 2022.

VOLKSWAGEN CAMINHÕES E ÔNIBUS. **Procedimentos de DMU**. Produção de Ross Werner. Resende: Volkswagen, 2009. Instrução de trabalho. 19p.

GROOVER, Mikell P.; ZIMMERS JUNIOR, Emory W. **CAD/CAM: Computer-aided design and manufacturing**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

SUWA, M.; TVERSKY, B. What do architects and students perceive in their design sketches: a protocol analysis. **Design Studies**, v.18, n.4, p. 385-403, 1997.

TERREO, Mauricio. **O uso de protótipos virtuais na validação de projetos mecânicos complexos: Um estudo de caso no setor automobilístico**. 2007. 151p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

ULLMAN, D.G.; WOOD, S.; CRAIG, D. The importance of drawing in the mechanical design process. **Computers & Graphics**, v. 2, n. 2, p. 263-274, 1990.

ULRICH, K.T., EPPINGER, S.D. **Product design and development**. 2. ed. London: McGraw-Hill, 2000.

PRODUCT LIFECYCLE. Wikipedia. 2013. Disponível em:

https://en.wikipedia.org/wiki/Product_lifecycle .Acesso em: 23 nov. 2022.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por me proporcionar a oportunidade de continuar a progredir em minha vida acadêmica por sempre me cobrir com saúde e discernimento, e agradeço a minha família e amigos que estão sempre ao meu lado me apoiando e entendendo as horas de ausência.

Gostaria de registrar os agradecimentos a Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica por todo o suporte e paciência durante o tempo de convívio.

Sobre os autores:

i PAULO ANDRÉ DA SILVA MARTINS



Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade de Franca (2006) e Engenharia de Produção com ênfase automotiva pela Faculdade de Engenharia de Resende (2013), cursando atualmente a Pós-Graduação em Projeto, Manufatura e Engenharia auxiliados por computador (CAD/CAM/CAE) pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2016). Tem experiência na área de Desenvolvimento de produto automotivo, com ênfase em Pré-desenvolvimento do produto. É engenheiro de produto na empresa *Volkswagen* Caminhões e Ônibus responsável pelas atividades de DMU (*Digital MockUp*).

ii DANIEL CAMUSSO (Orientador)



Mestrando Profissional pela Universidade de Taubaté - UNITAU (previsão de término 2021). Pós-Graduado em Industrial 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (previsão de término 2021). Pós-Graduado em Engenharia Automobilística pela Faculdade de Engenharia Industrial - FEI (2000). Aperfeiçoamento em CAD/CAM/CAE pela Dassault Systemes em Paris - França. Graduado em Engenharia Mecânica Plena pela FEI (1996). Atualmente é docente no curso Técnico em Mecatrônica pela Escola SENAI Armando de Arruda Pereira. Foi docente do curso Superior "Tecnologia Mecatrônica Industrial" pela Faculdade SENAI e do curso de "Pós-Graduação em Projetos, Manufatura e Análise de Engenharia. Também docente do curso de especialização de CAD/CAE para Engenheiros de Países da América Latina (Convênio Brasil JICA Japan International Cooperation Agency). Participação no projeto Bleriot, um trabalho colaborativo entre Brasil, França e Índia e apresentado em 2009 na Feira Internacional de Aviação em Le Borget (França). Possui experiência como engenheiro na área de desenvolvimento de novos projetos para a indústria automobilística, utilizando o *software* CATIA e NX. CV: <http://lattes.cnpq.br/7303249573994245>

iii SERGIO TADEU BERNATAVICIUS



Realizando Pós Doutorado pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Mestrado e Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2004). Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos - Ufscar (2013), Mecânica pela Unesp (1988), e Engenharia de Computação pela UNIVESP(2021). Professor-Pontifícia Universidade Católica de São Paulo PUC-SP e Professor do MBA Gestão de Projetos e Produção SENAI-SP e FIAP. Tem experiência nas áreas de Gestão e Engenharia. Trabalhou 22 anos em empresas relacionadas a auto peças atuando principalmente nos seguintes temas: *Supply Chain Management* (SCM), automóvel, *design*, tecnologia, qualidade, produção e administração. Atuando na área de pesquisa de biomateriais e manufatura aditiva. Pesquisador participante do INCT-FAPESP, Avaliador INEP. <http://lattes.cnpq.br/8572882746776825>

iv RUDOLFO HESSE



Mestrando Poli-PMT (e IEE), USP-SP – desde 2015; MBA – Gestão Empresarial, FGV-RJ – 2002; Tecnólogo em Processos de Produção, FATEC-SP – 1992; Técnico em Processamento de Dados, ENIAC-SP – 1998; Técnico em Processamento da Dados, ENIAC-SP – 1987; Técnico em Mecânica, SENAI-SP – 1985; Mec. Geral; Ferramentaria; Eletrônica; etc, SENAI-SP – 1993. Auditor ISO interno e líder (TÜV Rheinland). Docente das disciplinas: Usinagem de Superfícies Prismáticas e Complexas – Pós-graduação CAE/CAD/CAM; Geração Convencional e Renovável – Pós-graduação E.E.; CAM e PROJETOS – Graduação Mecatrônica; - Técnico em Sistemas de Energia Renovável (diversas); - Técnico em Eletromecânica (diversas); Desenho Técnico; Gest. Manut. e Máq.Elétricas— Téc. em Eletroeletrônica ou Eletrotécnica; Professor de Ensino Superior no SENAI-SP (SCS), e na rede desde janeiro/2015. Docente de diversas disciplinas – Autom. e Eng.ª Prod. – Faculdade particular em São Paulo, desde 2017. Atuação profissional em empresas anteriores ASEA(ABB); VOITH; PHILIPS; SIEMENS; MAHLE; FISCHER; MULLER, segmentos variados de mercado e na grande maioria relacionados aos mercados de energia/automotivo. Especializado em auditorias do SGQ, inclusive com treinamentos/intercâmbios no exterior.

<http://lattes.cnpq.br/4558676334357358>