



LUIS FELIPE AMORIM AMARAL

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ENGENHARIA
AUTOMOTIVA**

LAVRAS-MG

2019

LUIS FELIPE AMORIM AMARAL

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ENGENHARIA AUTOMOTIVA

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, área de concentração em Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

Orientador

Dr. Ricardo Rodrigues Magalhães

LAVRAS-MG

2019

LUIS FELIPE AMORIM AMARAL

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ENGENHARIA AUTOMOTIVA

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, área de concentração em Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 19 de novembro de 2019

Dr. André Luis Gonçalves Costa UFLA

Dr. Ricardo Rodrigues Magalhães UFLA

Prof. Dr. Ricardo Rodrigues Magalhães

Orientador

LAVRAS-MG

2019

RESUMO GERAL

Este trabalho tem como objetivo estudar e identificar a utilização da engenharia de controle e automação no desenvolvimento de produtos dentro da indústria automotiva mostrar e exemplificar como os diferentes pilares do controle e automação são aplicados em áreas isoladas dentro de uma indústria automobilística, é feita análise da importância do CAD/CAM no desenvolvimento e nas simulações dos testes e quais suas principais vantagens. É descrito como funciona e quais principais componentes de um dos principais testes de segurança. É estudado também quais tipos de robôs e sensores compõem a linha de montagem e como é feita a interconexão de todo o ambiente de trabalho através de controladores lógicos programáveis e o sistema supervisor. Além da simulação em peças de automóveis leves, também é feita a simulação através do método dos elementos finitos para verificar se o projeto de uma colhedora de café está correto, uma vez que o investimento no setor agrícola automotivo é relevante para concepção de novos estudos. Aplica-se também metodologias de estruturação para desenvolvimento de produto e é feita a aplicação real com o desenvolvimento completo de um painel corta fogo e um duto auxiliar para medição de estanqueidade em difusores de ar-condicionado com a intenção de verificar se os processos estudados estão aptos a otimizar o processo de obtenção do mesmo. Busca-se também entender quais tendências para os próximos anos na indústria automobilística assim como constatar quais principais alterações devido os programas decorrentes no país.

Palavras-chave: desenvolvimento do produto; painel corta fogo; otimização de processo; teste de difusor de ar, linha de montagem

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....	9
2.2 LINHA DE MONTAGEM.....	10
2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	12
2.4 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO (DDP)	13
2.5 TESTES DE SEGURANÇA	14
2.6 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NA ENGENHARIA AGRÍCOLA	15
3 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS	17
SEGUNDA PARTE - ARTIGO	18
ARTIGO 1	19
DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NA ENGENHARIA AUTOMOTIVA	19
1. Introdução	20
2. Inovação no desenvolvimento do produto	22
3. Exemplos de desenvolvimento de produtos	23
3.1. Desenvolvimento experimental do painel corta fogo	24
3.2. Desenvolvimento de um canal de ar para medir vazão em difusores de ar	33
4. Conclusão	36
5. Agradecimentos	36

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia de Controle e Automação é a área da engenharia voltada ao projeto e utilização de máquinas automáticas e processos industriais, mas a automação só é completa quando o sistema funciona do começo ao fim sem auxílio humano, como por exemplo uma linha de montagem de automóveis ou uma casa automatizada, o próprio sistema realimenta e recalcula informações para se manter ativo e opera da maneira programada, para isso é necessário primeiro um reconhecimento do problema, uma modelagem do processo e enfim o projeto de máquinas, sensores e controladores para adaptar o sistema gerado as necessidades encontradas (CHAVAN, 2011).

A linha de montagem é o setor com automação mais avançada na indústria, dividida em áreas automatizadas como a estamperia e pintura e áreas onde a montagem ainda é feita com auxílio humano utilizando-se de robôs colaborativos de caráter cilíndrico, articulado ou polar dependendo da finalidade. As fases como pintura, vedação, prensa de chapas e montagem da parte mecânica do automóvel e a solda a laser que assegura ainda mais a estabilidade dimensional da carroceria, tudo é feito por robôs automatizados sincronizados para produzir de 1 a 3 carros por minuto. Na área de pintura a mais recente tecnologia requer a utilização de robôs cartesianos com movimentos perpendiculares nos três eixos, que possibilitam uma rotação de 360 graus para o banho no líquido anticorrosivo, tal processo elimina o processo de aplicação de prime, o que torna a fase mais barata e mais rápida. Todo o controle da fábrica é feito por controladores lógicos programáveis (CLP) configurados para agirem em conjunto com o sistema supervisório de cada fábrica, gerando além da montagem assídua, relatórios da máquina e de abastecimento de componentes isolados.

No Brasil, até 2032, haverá um guia no desenvolvimento do produto, metas com foco energético, ambiental e tecnológico ditarão pra onde o produto automobilístico brasileiro seguirá. A partir de incentivos fiscais proporcionais ao desenvolvimento da indústria, um novo programa denominado “*Rota 2030*”, “*Visão 2030*” ou semelhantes, incentiva também metas de investimento em pesquisa e desenvolvimento. Divido em etapas, a trilha começa pelos veículos leves que devem aumentar sua eficácia energética, reduzir a emissão de poluentes e modificar equipamentos de segurança como implementação do cinto de 3 pontos em todos os assentos dos bancos traseiros, o que poderia gerar a extinção de alguns carros já que não será possível fazer uma adaptação as novas regras de segurança, mas na prática, possivelmente o banco central traseiro será trocado por um porta copos ou talvez um simples aviso de “*Proibido Sentar*”.

No caso da indústria automobilística, muitas vezes soluções para os produtos vem da engenharia e funcionam na teoria, porém, ao chegar nas áreas de manufatura o projeto pode ser refutado devido a forma de montagem em que o produto se encontra, é essencial levar em consideração também que na linha de produção estão operadores que realizam as mesmas funções repetidamente por longos períodos e isto pode influenciar na saúde física do trabalhador que ali está, logo, a montagem e a maneira de montar tem que estar devidamente alinhadas com as normas de ergonomia, outra forma de minimizar o problema é com a utilização de robôs colaborativos que podem ser utilizados para manipulação de elementos pesados, posicionamento milimétrico, soldagem, colagem e até como uma extensão do próprio corpo humano.

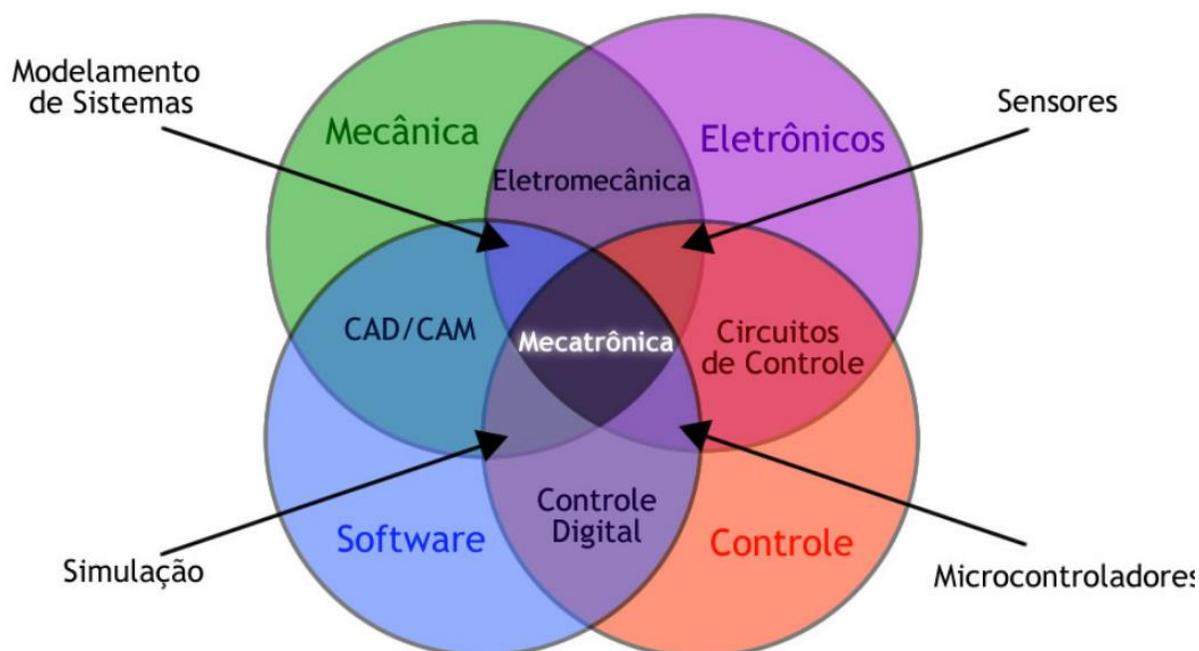
2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico serão abordados os seguintes temas: engenharia de controle e automação na indústria automotiva, linha de montagem, controlador lógico programável, desenvolvimento do produto, testes de segurança e desenvolvimento do produto na engenharia agrícola

2.1 ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Os principais pilares do controle e automação estão envoltos em mecânica, computação e a parte elétrica que está separada em eletrônicos e controle como representado abaixo (CHAVAN, 2011) (FIGURA 1).

Figura 1 – Diagrama da engenharia de controle e automação.



Fonte: CHAVAN (2011).

No desenvolvimento do produto na engenharia automotiva é essencial a utilização do controle e automação. Na parte do desenvolvimento das peças podemos ver a utilização dos softwares de desenho (CAD) que faz interação homem-máquina onde o projetista define com exatidão tudo que a máquina construtora precisara para criar com exatidão milimétrica a peça projetada. No caso desse trabalho foi utilizado o software *Catia V5*, que gerou um arquivo com as medidas exatas do sólido, incluindo densidade, gramatura, volume e área das faces, assim como as linhas de extração para o molde, gavetas autônomas do molde, tratamento de cantos vivos e

ângulos de saída das peças, tudo feito atendendo especificações de segurança, como por exemplo, região de impacto de cabeça nas peças as quais isto se aplica e além disso, também é possível programar o robô que fará as soldas de forma autônoma quando existirem.

2.2 LINHA DE MONTAGEM

O modelo de linha de montagem atual pode ser definido como um conjunto de estações ou postos de trabalho, que quase sempre estão conectadas por um sistema contínuo de movimentação de materiais, que no caso da linha automotiva é auxiliada pelos mais diversos tipos de robôs (FARNES et al, 2006). A linha é composta de diversos componentes utilizados para realizar o sensoriamento e alimentação das informações de um sistema supervisor existente para o controle minucioso das atividades das máquinas, assim como sincronia entre elas e relatórios de produção, nessa parte temos principalmente sistemas de controle, microcontroladores, atuadores e sensores. Logo no início da montagem podemos ver a atuação de diversos robôs de solda que podem utilizar como base sensores variados, os principais são os sensores óticos que possuem alta precisão, uma resolução que atende as cotas minimizadas geradas pelo sistema supervisor, referência interna e um display LCD com um teclado simples para ajustes. Em caso de componentes com menor dimensão, podemos utilizar um sensor indutivo que é resistente as soldagens, possui uma carcaça reduzida de aço inoxidável que é resistente a pressão em ambientes extremos e também contra óleos. Ainda é possível encontrar no mercado alguns outros tipos de sensor como os de série cúbica que são uteis em caso de excesso de fuligem ou sujeira.

A área de estamparia na indústria automobilística é um dos primeiros passos para a montagem de um carro, as peças nesta fase são produzidas através da moldagem de chapas metálicas que agilizam a formação de componentes automotivos, nela são conformadas chapas de latão, bronze, aço laminado a frio, cobre, alumínio e aço inoxidável. Esta área possui um vasto arsenal de robôs como esteiras rolantes, braços para movimentação das peças, cortes a laser e as

maiores máquinas deste ambiente são as prensas. O monitor das prensas possui sensores de temperatura, piezoelétricos e encoders em diversas posições da máquina como vielas e rolamentos, assim é possível identificar além da temperatura, vibrações e quantidade de rotação dos rolamentos, além de monitorar a produção também são utilizados para monitorar indícios de problemas gerados pelo desgaste de peças ou necessidade de manutenção.

Na fase de pintura utiliza-se de robôs industriais geralmente composto de um manipulador, sistema de controle, um servo controlador com 3 eixos, um controlador digital utilizado para detectar as informações de posição do motor, um “teach pendant”, que é uma interface homem máquina utilizada para controle de robôs ou braços mecânicos, com todas as instruções e configurações para realizar a programação do robô. Além disso essas máquinas ainda são equipadas com acessórios e um software específico pra controle, acessórios, baterias, ventiladores, painel de conexão, interface de segurança e fusíveis (KUKA, 2017). Os braços robóticos utilizadas para pintura possuem 6 graus de liberdade e de 2 a 10 bicos injetores para possibilitar a troca de cores e podem ser posicionados tanto no chão quanto na parede ou teto. Em toda a produção do carro são utilizados controladores lógicos programáveis (CLP) montados em uma rede junto do sistema supervisor. Essa rede é utilizada para controlar toda fábrica assim como manter a ordem e segurança das pessoas e do próprio sistema.

Com a diversidade alta de modelos do mesmo carro, é necessário que as peças possuam uma serialização e rastreabilidade para serem montadas corretamente a gosto do cliente. Para isso são implementados nas peças códigos de barra ao entrar na linha, depois de serializada a peça não deve de maneira alguma sair da linha de montagem, a menos que algum defeito seja reportado. Para manter o controle utiliza-se sensores fixos para leitura de código de barra do tipo raster ou scanner com espelho oscilante, são capazes de ler códigos fragmentados, possuem leitura de código de tamanho variável, parametrização simples e display, além desse dispositivo, temos também dispositivos móveis de leitura que são operados pelos montadores. Em caso de uma peça não serializada, a engenharia pode pedir peças da linha a fim de verificar se a qualidade se mantém a

mesma, neste caso, os operadores vão até a peça junto com o leitor móvel de código de barras, como a máquina é conectada com a rede da fábrica, de lá é possível fazer o registro de retirada e colher a assinatura do responsável pela retirada de peça dar baixa automaticamente no sistema.

2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Do inglês *Programmable Logic Controller* (PLC), é um equipamento utilizado em quase todos as fases da produção automotiva, que possui uma central de processamento de dados (CPU), processador, memória, fonte de alimentação, e módulos de entrada, módulos de saída e dispositivos de programação. A CPU é utilizada para ler os dados de entrada, calcular e transferir as ordens computadas pelas saídas, o processador é responsável por ler e executar o programa desenvolvido pelo usuário utilizando de um sistema operacional. As memórias armazenam as informações necessárias para o funcionamento e execução dos programas. A fonte de tensão é responsável por regular o nível de tensão do CLP. Módulos de entrada e saída fazem a conexão entre sensores e atuadores, as informações são lidas na entrada, processadas internamente e a após a decisão ser tomada as informações são enviadas aos atuadores (MATTEDE, 2010).

O CLP pode ser programado em diversas línguas como LADDER ou fluxograma, feito isso, ele é responsável por todas as variáveis de processo, uma vez que possui portas de entrada, espaço de memória reservado para cálculos e portas de saída, sendo assim ele pode ler o sistema, realizar os cálculos e tomar decisões através dos ciclos de operações designado a ele. O sistema supervisório funciona como um facilitador entre homem e máquina, convertendo as informações para uma maneira visual mais fácil e intuitiva para o operador que está utilizando o programa, sendo assim, o controlador do processo não precisa ser um especialista em programação de CLPs, basta um treinamento no sistema supervisório desenvolvido para a empresa e ele já está apto a fazer as modificações necessárias no processo.

2.4 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO (DDP)

É importante que o produto desenvolvido seja de interesse do mercado, seja inovador, flexível e otimizável (PAHL et al., 1984). Para tal é necessário o conhecimento de anos de estudo, especialistas que saberão como trabalhar em forma de sistema. Tal sistema, após ser utilizado e reutilizado gera documentos e conseqüentemente o reaproveitamento de soluções assim como o conhecimento de novas técnicas de desenvolver o problema. Ao se criar um modelo a ser seguido, fica mais fácil introduzir as novas tecnologias que surgem ao decorrer das décadas, assim como na linha de montagem, ferramentas e máquinas são substituídas nos pontos certos, sem interferir ou atrapalhar em sua seqüência natural para a qual foram projetadas, logo um problema vivido por um projetista uma vez, se detalhado em um projeto metódico, possibilita uma racionalização eficaz, gerando uma solução. Quando existe a documentação demonstrando as falhas daquele processo junto a soma de experiências da equipe podem ser geradas soluções inovadoras para o problema ou otimização daquele processo específico, acarretando uma melhora na eficiência do processo ou melhora do produto final.

O que foi percebido e apreendido não deve ser seguido como lei, o metodismo deve levar o projetista as próprias ideias, utilizando de sua experiência e valor agregado ao decorrer dos projetos anteriores, que somados as outras áreas, levarão o projetista a ter uma autoridade no projeto devido a sua experiência. Em uma empresa devidamente organizada a metodologia do projeto deverá possibilitar o desenvolvimento de procedimentos que possam ser aplicados em diversas áreas da empresa, orientados pelos problemas que aparecerem a fim de buscar os melhores resultados possíveis motivando e incentivando o desenvolvimento de novas práticas, absorção de conhecimento e desenvolvimento da equipe, que facilmente conseguirá aplicar as soluções conhecidas a diferentes padrões e problemas distintos.

2.5 TESTES DE SEGURANÇA

Após a construção das peças pelos fornecedores, amostras são enviadas as montadoras para que sejam realizados diversos ciclos de testes para atender o CONTRAN no caso do Brasil, e além disso, as próprias diretrizes da matriz e no caso de veículos destinados à exportação, as leis do país de destino. Para isso são utilizados diversos softwares e dispositivos automatizados para testes e simulações, na verdade a maior parte das simulações são feitas antes que o primeiro protótipo seja produzido para gerar mais agilidade no desenvolvimento, após os testes, os valores são sobrepostos com a simulação. Um exemplo claro é o *Crash Test* tratado neste trabalho, o carro é totalmente controlado pelo software que está não no veículo, mas sim na cabine que protege o operador ao lado da pista de testes. No caso do teste de colisão frontal o veículo é configurado para andar a uma velocidade constante de um valor entre 50km/h e 70km/h por cerca de 100metros onde se choca com uma parede de concreto. Durante todo o teste o sistema está sendo monitorado por câmeras e também por um software que gera gráficos e analisa a deformação total do veículo, a força do impacto e a quantidade de movimento imposta pelo veículo.

A engenharia de controle e automação está presente também no teste citado acima, além de toda a automação que envolve a pista de testes, é possível destacar os dummies como ponto principal no sensoriamento destinado a segurança do passageiro, o boneco chega a custar mais de 1 milhão de reais. Desenvolvido para simular a presença humana e descobrir possíveis fraturas e lesões em uma batida, os bonecos dispões de sensores de aceleração em três eixos na cabeça, para que seja possível medir as acelerações laterais, verticais e longitudinais. Sensores no pescoço, instalados na parte superior e inferior que medem força e momento causados na hora do impacto. O tórax é uma região que está em constante contato com o cinto de segurança, logo, temos sensores para aceleração em três dimensões e sensores para medir o possível deslocamento da costela. No fêmur e na pélvis temos sensores para medir a aceleração nas três dimensões e também esforços nas regiões superiores da perna. No joelho, tíbia e pés temos as acelerações nas três dimensões, em

especial na tíbia é possível medir torções que representam a quebra de ossos, no joelho tem-se os esforços durante a colisão com o painel de instrumentos e nos pés temos o deslocamento total, além das acelerações dos eixos. Os bonecos são posicionados em um ponto específico nos bancos do veículo e possuem peso e altura diferentes para cada teste. Nas indústrias automobilísticas é possível encontrar bonecos completos, bonecos que só possuem a parte da cintura pra cima e boneco que só possuem meio tórax e cabeça, todos calibrados e utilizados para testes diferentes, mas com a mesma finalidade, salvar vidas (MAGALHÃES, 2014).

2.6 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NA ENGENHARIA AGRÍCOLA

Entre os setores da engenharia automotiva, destaca-se o setor de máquinas agrícolas, que conta com grande número empresas no Brasil. Esse setor congrega as indústrias dedicadas à fabricação de máquinas autopropulsadas, a exemplo de colhedoras de café, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2019), em 2018, foram comercializadas 5759 colhedoras de grãos no Brasil, o que significa um potencial mercado para o desenvolvimento de novos produtos. Ressalta-se que o setor de máquinas agrícolas e rodoviárias exportou em 2018 pouco mais de US\$ 3.3 milhões e gerou mais de 19 mil empregos diretos, o que justifica novas pesquisas e investimento na área.

Na área agrícola podemos utilizar desenvolvimento do produto e conceitos de controle digital para simulação na interação entre colhedora e cafeeiro utilizando o método dos elementos finitos (MEF), que é um procedimento que determina soluções aproximadas para problemas de valores sobre o contorno de equações diferenciais (AZEVEDO, 2003) que depende do tipo de análise, podendo ser dinâmica ou estática, material, estrutura e o que deseja ser feito. Após feita a simulação sugere-se o novo posicionamento da roda traseira para obtenção de distribuição uniforme das cargas, mostrando a relevância do MEF tanto no setor automobilístico quanto no agrícola assim como na estruturação de projetos e simulações.

3 CONCLUSÃO

É possível concluir com este trabalho que a engenharia de controle e automação está relacionada com a maior parte das fases de uma indústria automobilística. Com a evolução da tecnologia mais partes da montagem, desenvolvimento e testes são feitos através de sistemas automatizados, circuitos de controle, simulações e robôs

Também concluímos que a aplicação de um sistema metodológico para o desenvolvimento do produto na indústria automotiva é capaz de desenvolver peças para automóveis com qualidade, agilidade e acompanhando o desejo do consumidor. Ao decorrer do trabalho foi possível ver o quanto as simulações e testes são importantes para a viabilidade do projeto, segurança e redução de custos, uma vez que os sistemas automatizados são capazes de testar um componente sem a existência do mesmo, apenas com modelos matemáticos.

REFERÊNCIAS

- ANFAVEA. **Tratores de rodas e colheitadeiras de grãos - Vendas internas no varejo por Unidades da Federação**. São Paulo, Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/estatisticas-copiar.html>>, acesso em <3 set 2019>.
- AZEVEDO, F. M. A. **Método dos Elementos Finitos**. Faculdade de engenharia da universidade do Porto, v. 1, n. 1, p. 4-5, Abril 2003
- CHAVAN, D. K, **Mechatronics – A boon for technological development. Internation journal of mechanical and production**, v. 1, n. 2, p. 67-75, Dezembro 2011.
- MAGALHÃES A., **REVISTA AUTOESPORTE**, 27 jun. 2014, Disponível em: <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2014/06/vida-de-dummy-conheca-mais-sobre-os-bonecos-utilizados-em-crash-tests.html>>. Acesso em 15 nov. 2019.
- MATTEDE H., **Mundo da Elétrica**, Disponível em:< [https://www.mundodaeletrica.com.br/controlador-logico-programavel-clp/#:~:targetText=CLP%20significa%20Controlador%20L%C3%B3gico%20Program%C3%A1vel,CLP%20\(dispositivos%20de%20entradas\).>](https://www.mundodaeletrica.com.br/controlador-logico-programavel-clp/#:~:targetText=CLP%20significa%20Controlador%20L%C3%B3gico%20Program%C3%A1vel,CLP%20(dispositivos%20de%20entradas).>)>. Acessado 20 nov 2019.
- Controller Specifications: KR C4 KR C4 CK**, Alemanha, KUKA Robooter GmbH, 2017
- FARNES, V.C, **Balanceamento de linha de montagem com o uso de heurística e simulação: estudo de caso na linha branca**. Seminário de Engenharia de Produção, São Paulo. 2006.
- PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia**. Alemanha Editora Blucher, p. 5-10, 1984.
- SILVA, E. P. da et al. **Structural static and modal frequency simulations in a coffee harvester's chassis**. Campina Grande, v. 22, n. 7, p. 511-515, July 2018.
- TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V. P. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Campus, p. 235-237, ISBN 85-352-2090-9. 2007

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1

DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NA ENGENHARIA AUTOMOTIVA

Artigo publicado no Encontro Nacional de Engenharia de Produção 2019

1. Introdução

As empresas têm a necessidade de estar sempre inovando e desenvolvendo tecnologias para se adaptarem ao mercado. Cada vez mais, em todas as áreas é possível verificar que novas tecnologias e itens que facilitam a vida do usuário ganham progressivamente mais espaço. Ao desenvolver um produto na área automobilística, toma-se por base não somente fatores estéticos e ergonômicos, mas também tecnológicos e comerciais desde a fase do design até a montagem final, tanto no produto quanto na linha de montagem.

O efeito de mercado que um produto proporciona tem grandes efeitos dentro do processo de uma empresa. A avaliação desse produto muitas vezes é realizada por meio de entrevistas, questionários, consultas internas e externas, dentro do mercado nacional e internacional, resultando no desenvolvimento de um produto compatível com a realidade do mercado.

O grupo *Volkswagen* tem estratégias que compõem a base do modelo mundial de suas produções. Em uma empresa como a *Volkswagen* do Brasil, existem no mínimo 35% de peças comuns a todos os modelos na mesma plataforma, o que gera uma grande economia na criação e desenvolvimento do projeto, além de aumentar a escala de produção (ANDRADE, 2003). A necessidade de criação de centros de excelência se justifica pela estratégia global de se estabelecerem padrões nos conjuntos de processos, o que se alinha diretamente com a modularização.

O processo de desenvolvimento de produtos tem como fundamento uma sequência de estágios onde se busca equilibrar as demandas do mercado com a restrição de tecnologias e termina apenas quando o produto é descontinuado, sendo que as etapas de pós-venda são consideradas para futuras reduções de custos devido a atualização de tecnologias. Esse processo começa com a análise da viabilidade comercial e factibilidade do produto, depois são definidas as vantagens competitivas, funções e público alvo. As fases seguintes consistem em detalhamento de projeto e atividade, junto com teste e avaliação para preparação do produto e lançamento e por último, temos a fase de produção, marketing e sistema de distribuição. Esse modelo segue o referencial mais aplicado que é modelo de Rozenfeld et al. (2006), composto por três fases maiores baseadas em pré-

desenvolvimento, desenvolvimento e fases de apoio como gerenciamento de melhorias e factibilidade ou não, definidos pela engenharia.

O sucesso automobilístico depende muito de como é a execução do projeto inicial. É necessário realizar o trabalho da maneira mais rápida, mais barata, com qualidade e, principalmente, mais segura para o usuário. Utilizando-se de modularização, é possível manter a modernidade e uma certa simetria entre as fábricas e uma evolução permanente, dispondo de uma única plataforma uma variedade de automóveis é montada por dia.

Pelegri (2004) descreve a modularização como sendo uma estratégia para obter a diferenciação e customização dos produtos, além de proporcionar outras vantagens como por exemplo o apelo ambiental e a redução de custos. De acordo com José Ignacio López, citado por Andrade (2003) a criação da modularização pode ser denominada como a terceira revolução industrial ou substituição da linha de montagem criada por Henry Ford, na qual a base do sistema de modularização é a terceirização.

Basicamente, as indústrias automobilísticas estão cada vez mais sendo chamadas de montadoras automobilísticas, a maior parte da criação dos carros é na verdade feita de ideias, não mais como antigamente, as peças não são mais totalmente produzidas dentro da própria empresa, a maioria vem de fornecedores cotados e contratados para fornecer o material necessário para a montagem. O material tem que, estritamente, seguir a base provida pela equipe de desenvolvimento do produto, onde todas as cotas, medidas, determinações de composição de material devem seguir o material vindo da fábrica, junto com os testes de segurança, durabilidade, inflamabilidade e outros possíveis testes que a empresa solicitar. E o que não for solicitado será realizado pela equipe pertinente dentro da própria montadora para assegurar a vida das pessoas que utilizarem seu produto.

A ideia de modularização já é utilizada pela *Mercedes-Benz*, caracterizada por automóveis de luxo, com base nesse conceito, apresenta carros no Salão do Automóvel de Detroit dois carros com tecnologia híbrida, que até então pouco se falava, mas já faziam parte do programa estratégico de sustentabilidade chamado de “Caminho para o Futuro” (Mercedez-Bens, 2008). Para os modelos

S300BLUETEC e ML450HYBRID, a modulação faz com que os dois motores de cada carro funcionem de forma independente ou associada, trazendo uma propulsão econômica e potente.

A indústria automobilística precisa reunir tudo que o usuário considera indispensável em um produto, todas suas expectativas, desejos e vontades no valor que está disposto a pagar para ter seu produto. Atualmente, um dos setores mais competitivos onde mudanças estratégicas são, principalmente, na concepção de veículos é peça fundamental para conceber tudo que o cliente almeja.

2. Inovação no desenvolvimento do produto

A inovação é vista como fonte fundamental para geração de vantagem competitiva, desenvolvimento econômico e mudanças na sociedade (SCHUMPETER, 1934). Dosi (1988) retomou ao conceito expresso por Schumpeter e relaciona que a inovação provem do resultado de pesquisas, avanços, descobertas, testes, imitações e adaptação do existente, novos processos de produção e formas de estruturação como a própria modularização

Ainda neste mesmo conceito, Debresson (1997) argumenta que a tecnologia avança graças as seguintes etapas:

- a) Conhecimento técnico ou produtivo – geralmente específico e comunicado por meio de técnicas e práticas e regras preestabelecidas, ele advém de experiência habilidades específicas (*know-how*);
- b) Conhecimento científico emergido de conhecimentos humanos descobertos ao longo do século através de experiências.

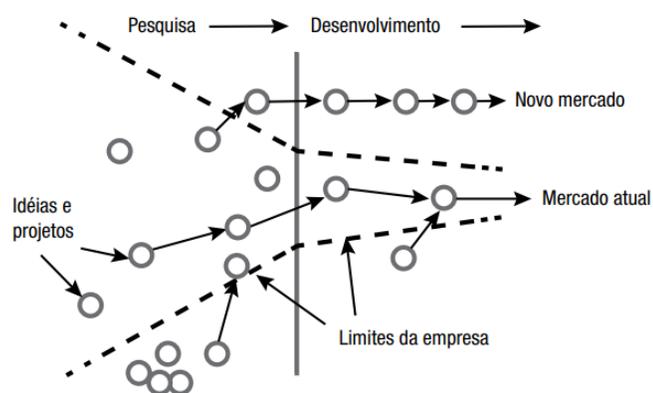
Com as experiências globais acontecendo a todo tempo e o compartilhamento veloz de informações, os estudos são continuados e reestruturados em qualquer parte do globo, unindo diversos cientistas, engenheiros e técnicos.

Na indústria automobilística atual, todas as áreas são essenciais para desenvolvimento de um produto, as áreas são separadas por zona de atuação onde um engenheiro coordena o projeto e os

outros fazem um *job split* para dividir, agilizar e organizar o projeto. Ressaltando que na área automobilística são necessários especialistas em tecido, plásticos, vidros, elétrica, climatização, projeto, usinagem, gestão, administração, marketing e design.

O Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) precisa antecipar o mercado atual e lidar com seu elevado grau de incerteza e risco, principalmente no início do projeto que começa anos antes do lançamento e é necessário prever a necessidade do mercado no futuro como destacado na Figura 1. Após a tomada inicial de decisões é difícil fazer mudanças bruscas no comportamento do projeto, levando em consideração que existem um ritmo e estrutura a ser seguida. Todas as informações provindas de áreas variadas da empresa são unidas em uma fase único onde muitas divergências acontecem, principalmente quando se trata de um projeto internacional que reúne várias cedés de uma empresa.

Figura 1 – Organização direcional de desenvolvimento



Fonte: Adaptado de Chesbrough (2003)

3. Exemplos de desenvolvimento de produtos

3.1. Desenvolvimento experimental do painel corta fogo

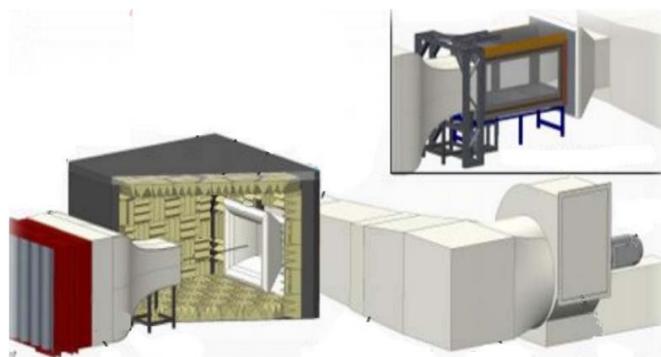
O conforto e salubridade ao dirigir são fatores importantes na indústria automobilística, gerando uma necessidade de desenvolvimento com critério de isolamento de ruído como um dos testes primordiais para aprovação de peças, proporcionando um melhor conforto sonoro ao ocupante (DHABE, 2014).

Além da poluição do ar e da água, a poluição sonora também é um grande problema ambiental e tem graves consequências para a saúde, sendo discutido desde a Conferência de Estocolmo em 1972, seguido pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, também conhecida como ECO-92 (1992) e vindo com mais força no Protocolo de Kyoto em 1997 (DUSSEL, 2017). No centro da cidade de São Paulo, o viaduto Elevado Presidente João Goulart (Minhocão) fica desativado aos fins de semana como uma alternativa para a melhora na qualidade de vida dos moradores daquela região, que são atormentados pelos 3,5 km de extensão que abriga o som dos automóveis acima do nível da rua.

O ruído do motor, que é gerado pelo conjunto do motor, caixa câmbio e sistema de exaustão é o responsável pela poluição sonora emitida. Os principais itens deste sistema estão alocados na frente, passando a maior parte do ruído para o habitáculo do motorista. A área de escape na parte traseira não influencia muito no ruído para os ocupantes uma vez que varia de acordo com o projeto do veículo, torque requerido, velocidade do veículo e solicitação do conjunto motriz (FORCETTO, 2016).

Devido ao tempo gasto no desenvolvimento de um projeto, é difícil prever todas as variáveis logo no estado inicial, por isso, é necessário um projeto de aprimoramento do estado inicial para reajustar possíveis defeitos, porém limitadas a estimativa de preço inicial do projeto realizada na primeira fase. Portanto, este exemplo apresentado na Figura 2 tem como objetivo mostrar alguns testes experimentais realizados no desenvolvimento de isoladores.

Figura 2 – Esquema de túnel acústico



Fonte: RINCON; HERNANDES (2016) *apud* DUSSEL (2017)

Com o desenvolvimento das tecnologias de rastreamento de sons, foi possível isolar e aperfeiçoar várias partes do carro como um todo incluindo, motor, sistema de combustão, sistema de climatização, caixas de câmbio automático e manual, sistema de arrefecimento e de exaustão assim como também todos os outros componentes (HEINN; SINAMBARI; FALLEN, 2009). Durante os testes são utilizados microfones e câmeras de alta tecnologia, especialmente desenvolvidas para serem introduzidas dentro do caso durante os testes de todos os tipos. No *crash test* e em outros testes também são utilizados manequins que simulam a forma humana, acompanhados de câmeras, microfones e, no caso do *crash test* a parte que se deseja avaliar recebe uma pintura para que se destaque na câmera e seja possível rastrear caso um pedaço da peça se solte do conjunto. Na Figura 3, está apresentado um exemplo de como pode ser usado o microfone acoplado ao material que simula o torso humano.

Figura 3 - Microfone na forma de torso humano



Fonte: BRIZON; MEDEIROS (2011)

Os testes realizados são feitos com um range de mais de 500 ciclos, feitos em ambientes controlados, como túnel de vento, câmaras acústicas, índice de repetitividade ou dinamômetros de rolo, devido à alta repetição e com a possibilidade de eliminar a variável humana utilizando um manequim, isso garante um comparativo perfeito entre todos os tipos de isolamento disponíveis para testes. Além disso o técnico pode analisar na tela do computador a frequência de cada som e comparar com a norma estabelecida de acordo com os ruídos do carro (BRIZON, MEDEIROS, 2011). Com o auxílio de alto-falantes é possível identificar onde o ruído emerge e se propaga através da estrutura do veículo.

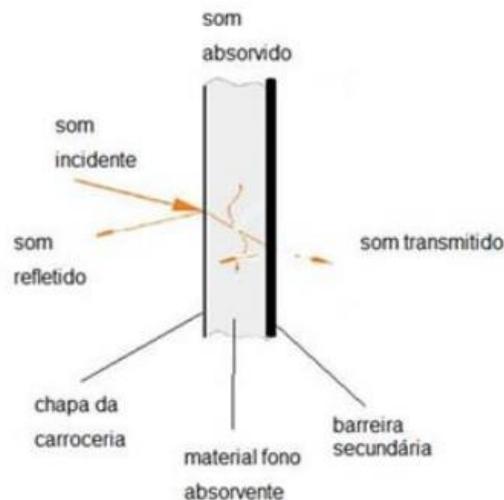
Existem testes realizados em campo, onde a variável humana é adicionada em uma pista específica, onde são estabelecidas normas de velocidade, estilo de direção e número de habitantes por veículo. Tal teste é, normalmente, desenvolvido em carros de placa verde, protótipos, para que enquanto o produto se aprimora, já seja incluído metas, normas e salubridade sonora.

O ambiente virtual aparece cada vez mais em todas as fases do desenvolvimento do produto descoberta a melhor maneira de criar um produto próximo do vendável de acordo com, desde a fase conceito, acompanhando as fases de teste e até mesmo para a fase de aquisição de preferência dos clientes. Na parte sonora não é diferente, o laboratório virtual avalia vibrações em um meio

termo, não completamente virtual, nem completamente real. As ondas sonoras emitidas por vibração que são acolhidas em câmaras acústicas, já estão sendo simuladas com alto grau de confiança comparado as modelagens virtuais do mesmo processo (DURVAL, 2008).

Os materiais utilizados na criação de um isolador são geralmente de característica porosa, pois absorvem grande quantidade da energia sonora e refletem uma pequena parte como mostrado na Figura 4, junto desse material, acrescentamos um material de alta densidade normalmente feito de betumem, borracha ou algum feltro de algodão denso. Para que seja criada uma barreira de massa suficiente para refletir o restante da energia que sobrou.

Figura 4 - Fluxo de onda de som incidindo de um isolador



Fonte: Adaptado de Coplac (2016)

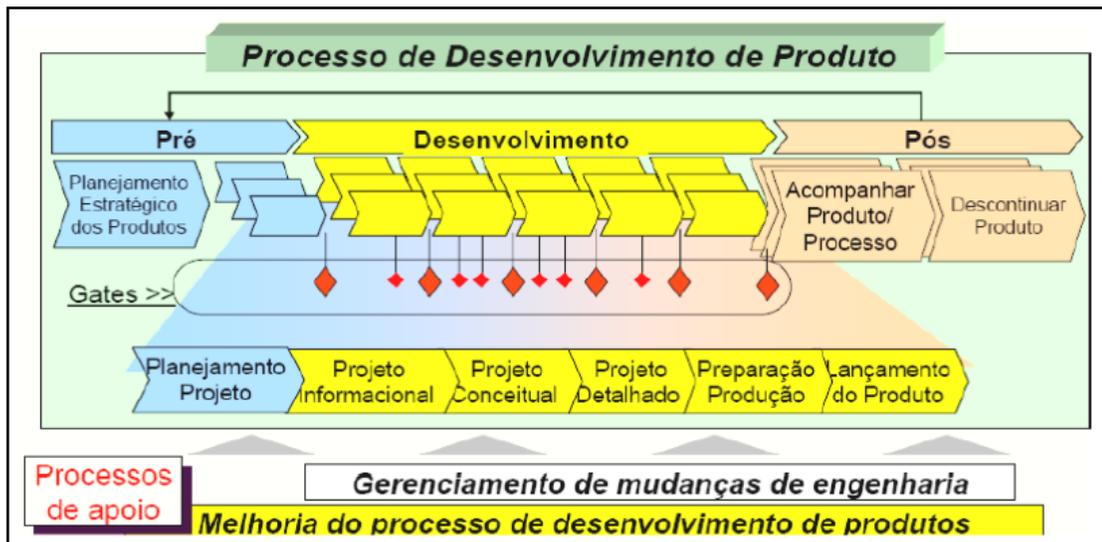
Tendo como base os dados citados acima, é possível seguir uma metodologia para o desenvolvimento de isoladores baseado no conceito de desenvolvimento do produto citada por Takahashi e Takahashi (2007) feito em 5 fases que consistem em:

- Fase 1 – Avaliar o conceito: ver a factibilidade e as vantagens competitivas do produto;
- Fase 2 – Planejar: Viabilizar o produto, estruturá-lo de forma concisa, determinar as funções, no caso automobilístico, nessa fase o design já tem que estar em reta final;

- Fase 3 – Desenvolvimento: Nessa fase ocorrem as tomadas de decisões das fases anteriores, detalhamentos por parte da engenharia e atividades definidas e ao fim desta etapa as informações teóricas têm que estar resolvidas;
- Fase 4 – Avaliação: Exigência de qualidade, o produto tem que estar 100% funcional e design consolidado. Testes finais e preparação para lançamento do produto;
- Fase 5 – Liberação do produto: nessa fase o marketing entra em cena junto com o sistema de distribuição, pré-venda, suporte ao cliente e início da produção, no meio automotivo é a fase chamada de *Start of Production* (SOP).

Tendo como base o modelo exposto e o modelo de Rozenfeld et al. (2006) apresentado na Figura 5, tem três macrofases: pré- desenvolvimento; desenvolvimento e pós desenvolvimento será apresentado um modelo adaptado para o desenvolvimento do isolador.

Figura 5 - Processo de desenvolvimento de produto



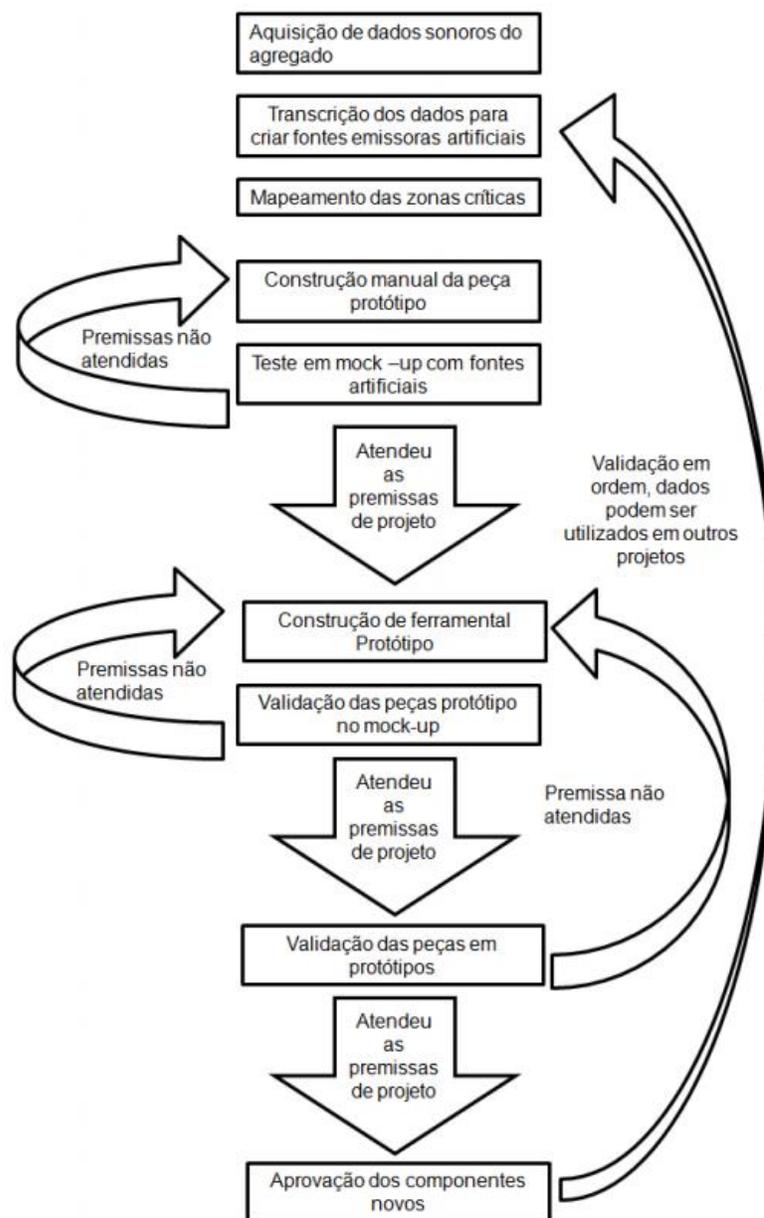
Fonte: ROZENFELD et al. (2006)

O modelo de Rozenfeld et al. (2006) é muito parecido com o modelo apresentado anteriormente, onde se tem na primeira fase, uma avaliação econômica, indicadores para monitoramento do

projeto, estratégia e definição de objetivos. Na segunda fase, atividades relacionadas ao projeto que se divide em 4 etapas: projeto informacional; projeto conceitual; projeto protótipo e projeto detalhado. E na última fase, se tem o planejamento direcionado ao mercado, reparação de falhar, melhorias e descontinuidade quando necessário.

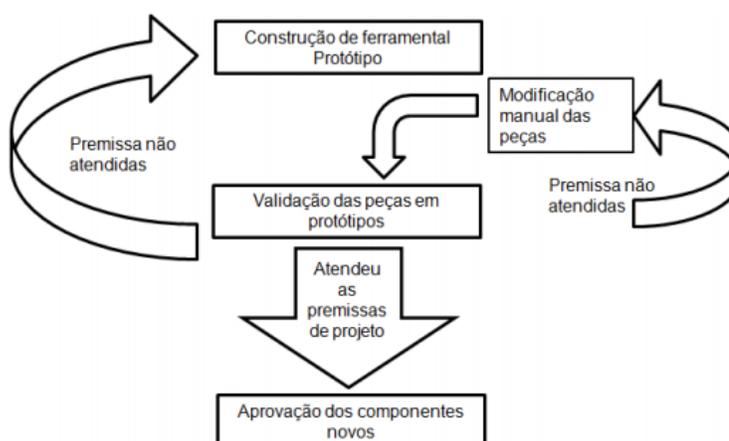
Na Figura 6, a seguir, está apresentado o modelo criado por Dussel (2017) para a estruturação do isolador. E na Figura 7, está apresentado o modelo utilizado por algumas montadoras.

Figura 6 - Fluxograma do desenvolvimento de isoladores



Fonte: DUSSEL (2017)

Figura 7 - Fluxograma utilizado por outras montadoras



Fonte: DUSSEL (2017)

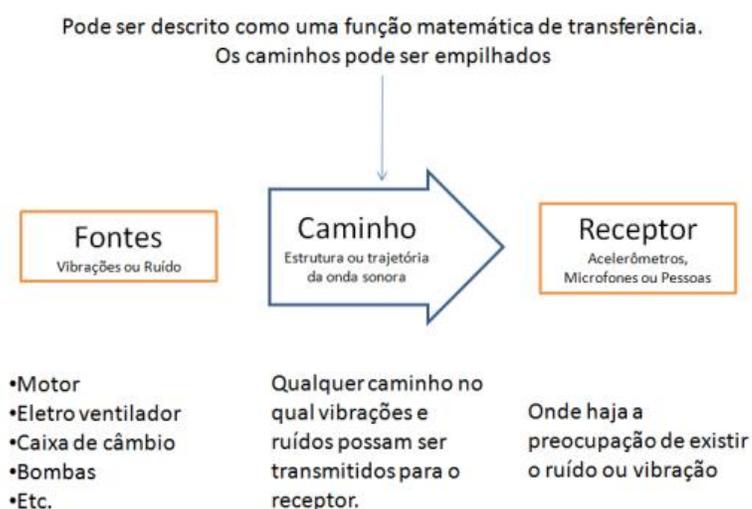
Para o desenvolvimento desse produto, foi primeiro armazenado os dados sonoros de gravação do conjunto motriz, essas gravações foram colocadas em modelos matemáticos virtuais e foi constatado em quais locais o conjunto motriz gera um ruído de grau maior e então é lá que foi feito o estudo para gerar uma barreira que contenha tais ruídos.

Ao decorrer do desenvolvimento foi montada uma estrutura que simulasse a frente de um carro, com as peças criadas exatamente como devem ser, o mais próximo possível do produto final de uma maneira que o resultado dos testes sejam fiéis ao que acontecera no produto. Com intuito de fidelizar ao máximo o teste apenas ao conjunto motriz do carro, é necessário descobrir os ruídos dos outros periféricos, como bomba de água, sistema de arrefecimento, compressor, alternador e entre outros. Tudo isso para otimizar o produto. Após os dados serem coletados foi o usado o Modelo do *Source-Path-Receiver*, que é um método para resolução de problemas de ruído e vibração.

Os ruídos e seus caminhos são quantificados e mapeados como na Figura 8, melhorando a rastreabilidade de cada som a fim de maximizar a qualidade das ações tomadas a seguir.

Identificando a fonte do ruído pode se criar um plano de ações para acertar o problema e solucioná-lo (CERRATO; GOODES, 2011).

Figura 8 – Fluxograma do caminho dos sons



Fonte: CERRATO; GOODES (2011) adaptado por DUSSEL (2017)

Após a realização dos testes, utilizando do meio-carro e do *software* adequado, obtemos as curvas acústicas e avaliamos se o as amostras passaram no teste. Em caso negativo deve-se aplicar a metodologia do *Source-Path-Receiver* e assim, será possível identificar a região defeituosa e será desenvolvido um plano de ações para ver se é necessário a troca do material, aumento da espessura ou adição de outro material e camada para que o teste fique positivo. Com resultados positivos pode-se construir o ferramental para desenvolvimento de protótipos e após a construção das ferramentas a peça estará pronta pra ir para veículos protótipos completos e depois para série (DUSSEL, 2017).

3.2. Desenvolvimento de um canal de ar para medir vazão em difusores de ar

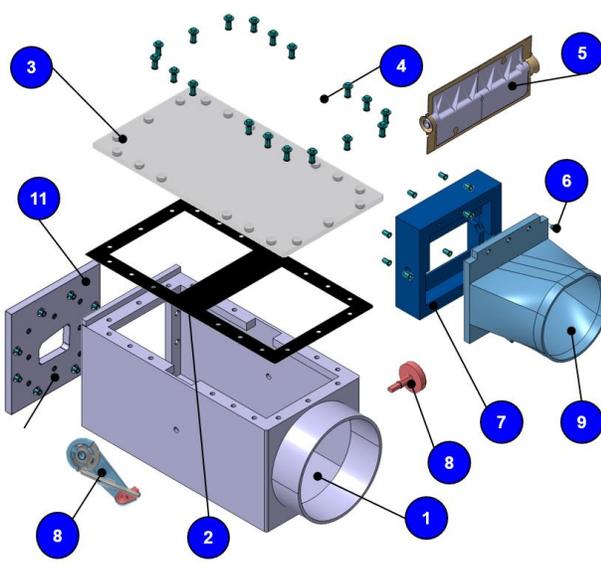
Baseado nos processos de desenvolvimento do produto exposto no tópico anterior, foi feito um outro produto em uma montadora a fim de melhorar a qualidade das medições de ar em difusores internos de automóveis. O problema era a eficiência das medições, que eram feitas, porém, com muita defasagem e pouca confiança.

Para tal, seguindo os passos apresentados, foi criado um plano de estudos identificando o problema, foi identificada a razão de que o equipamento utilizado para medições de ar, não tinha sido projetado para fazer análise de difusores, apenas do veículo completo, logo era necessário um dispositivo adaptativo para analisar a vazão de ar nos difusores.

O terceiro passo foi gerar uma proposta, um dispositivo eficiente e confiável que se encaixaria durante o processo melhorando as medições como mostrado na Figura 9. Feito isso, como não é um dispositivo que seria lançado ao mercado, seria para uso em testes, não há necessidade de estudo de mercado, porém, existe a necessidade de estudar os gastos de um dispositivo como este.

Figura 9 – Vista explodida da peça criada

N.	Description	Cost (R\$)	Qt d.
1	Air Box <i>PVC</i>	R\$95,00	1
2	Rubber Seal	-	2
3	Upper Cover <i>Acrylic</i>	R\$110,00	1
4	Screws (Type 1)	R\$15,98	26
5	Flap	R\$6,00	
6	Screws (Type 2)	R\$2,82	6
7	Flap Support <i>PVC</i>	R\$5,00	1
8	Flap drive mechanism	R\$3,52	1
9	Air Flow Channel	R\$5700,00	1
10	Back Cover	R\$6,50	2
11	Rivets	-	2
		R\$5944,82	

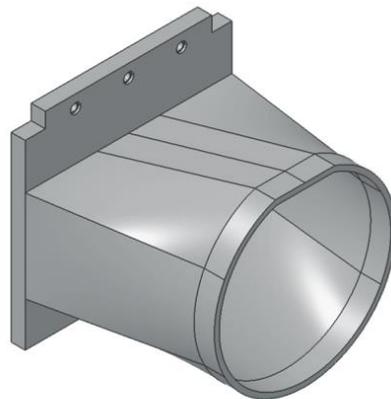


Fonte: Autor (2018)

Além do preço das peças que é de aproximadamente R\$ 6.000,00 é preciso adicionar também as horas de engenharia do projeto, assim como horas de construção e horas de projeto em *software* de desenho. A estimativa do projeto é em torno de 26 horas totais, sendo 18h para engenharia e construção e 8h para desenho de projeto, aproximadamente. Aqui está sendo estimado um valor de R\$ 4.000,00 para estas horas.

Ainda na fase de estudo de custo, foi contratada uma empresa especialista no assunto para estimar um orçamento, onde o valor foi de aproximadamente R\$ 70.000,00 contra R\$ 10.000,00 para produção interna. Sendo assim, a próxima fase será a o processo de construção da peça mostrada na Figura 10.

Figura 10 – Design da peça



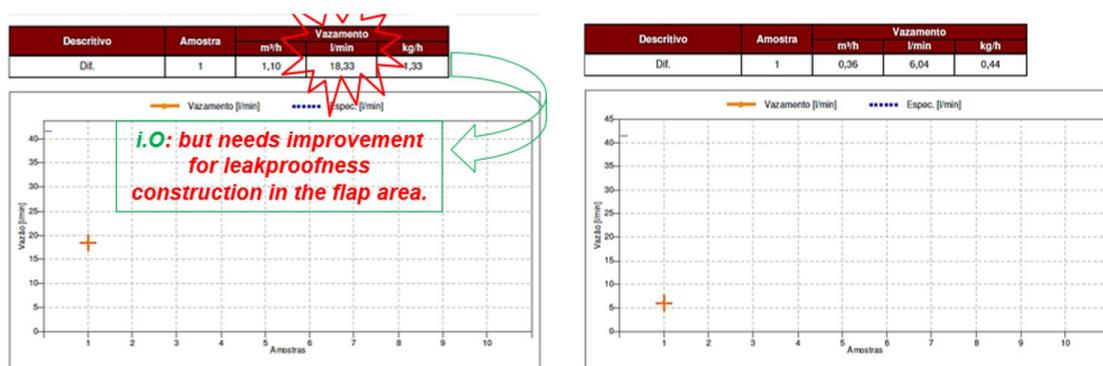
Fonte: Autor (2018)

O desenho foi evoluído para um processo chamado de Sinterização Seletiva a Laser. (Selective Laser Sintering – SLS), uma impressão 3D que funciona seguindo uma linha de procedimentos. Primeiro o material e a área de construção são esquentados a temperatura próxima de derretimento do polímero.

Um laser de CO2 escaneia a peça e seletivamente funde as partículas do polímero, fazendo com que toda a área transversal seja scaneada e esteja apta a ser construída. Quando a camada está completa ela se reinicia até que toda a peça esteja completa.

Após a construção do dispositivo, é dado início a fase de testes do protótipo onde é avaliado, neste caso, a aplicabilidade no difusor, inserindo o dispositivo e o difusor na máquina inicial. O primeiro teste é feito para ver o desempenho do dispositivo primeiro apenas conectando o dispositivo (FIGURA 11 A) e segundo com um *Flap* fechado e um furo aberto (FIGURA 11 B).

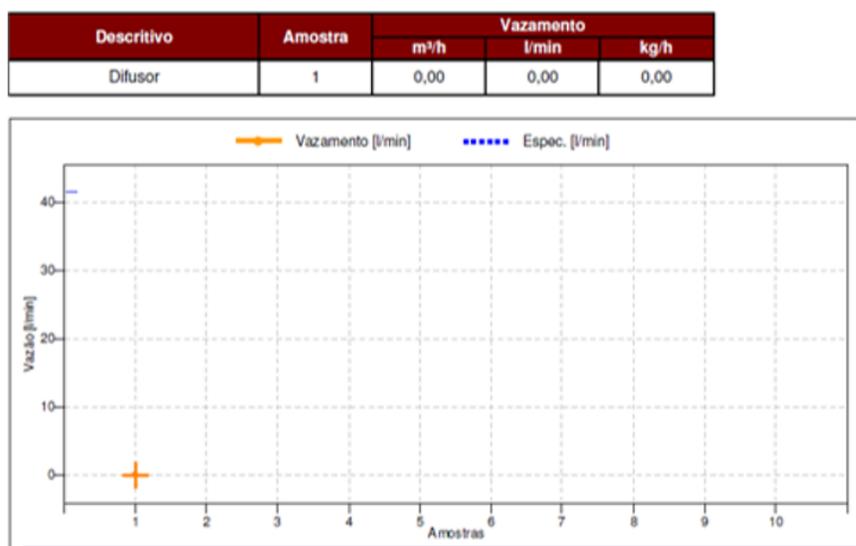
Figura 11 – Testes no dispositivo criado



Fonte: Autor(2018)

É constatada a eficiência do protótipo, porém é necessária a evolução do protótipo pois a estanqueidade não alcançou o valor necessário para dar confiança ao teste. Como no modelo apresentado, são feitas as fases de reavaliação e melhora do protótipo até que o modelo final é concebido e o objetivo final é alcançado. No teste seguinte já temos a estanqueidade alcançada com 0 vazamento e o *flap* trabalhando como especificado.

Figura 12 – Estanqueidade atingida



4. Conclusão

Dessa forma podemos concluir que os métodos de desenvolvimento do produto e modularização apresentados funcionam no setor automobilístico e possuem grande performance em relação a estruturação do projeto e em fase de testes. A organização apresentada é capaz de otimizar o tempo do projeto, minimizar erros e garantir um alto aceitação do produto criado, tão bem quanto sua alta qualidade final.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dos orientadores Ricardo Rodrigues Magalhães e Eduardo Lasmar Júnior. As pessoas que se dedicaram para que fosse possível a realização deste estudo: Carolina Rezende Pinto Narciso, Peter Dussel, Christovão Cassiano Rezende, Cristiane Castro Silva, Carlos dos Santos, Alberto Akioosi, Aneide da Paz Santos e José Francisco Tavares de Almeida.

REFERÊNCIAS

BRIZON, C. J. S.; MEDEIROS, E. B. **Combining subjective and objective assessments to improve acoustic comfort evaluation of motor cars.** 2011.

CERRATO, G.; GOODES, P. **Practical approaches to solving noise and vibration problems.** Sound & Vibration, April, 2011.

ANDRADE, H. **Reestruturação da manufatura e gestão operacional na Volkswagen.** Monografia. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2003.

PELEGRINI, A. V. **O processo de modularização em embalagens orientado para a customização em massa: uma contribuição para a gestão do design.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, 2004

CHESBROUGH, H. **Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology.** Boston, MA: Harvard Business School Publishing, 2003.

Coplac- Companhia de Planejamento Acústico. **Sound Package Development Noise and Vibration Group.** Catálogo recebido do fornecedor em 27/07/2016.

DEBRESSON, C. **Understanding technological change.** Montreal: Black Rose Books, 1997.

DHABE, S. **A Study of Passenger Car Acoustic Cavity Boom Simulation Methods.** Dissertação de mestrado, Michigan Technological University, 2014.

DOSI, G. **Technical change and economic theory.** London: Printer, 1988.

DURVAL, A.; BARATIER, J.; MORGENSTERN, C.; DEJAEGER, L.; KOBAYASHI, N.; YAMAOKA, H. **Trim FEM simulation of a dash and floor insulator cut out modules with structure borne and air borne excitations.** Acoustics 08 Paris. 2008.

DUSSEL, Peter. **Metodologia de desenvolvimento experimental do isolador do painel corta fogo interno.** Monografia (Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Automotiva. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

FORCETTO, A. L. S. **Poluição Sonora urbana: A influência de modificação em escapamentos de motocicletas na emissão de ruído.** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2016.

HENN, PROF. DR. H.; SINAMBARI, DR R.; FALLEN, DR. M. **Ingenieurakustik: Physikalische Grundlagen und Anwendungs Beispiele.** Ausgabe 4, 2009.

Mercedes-Benz. **Mercedes Bens apresenta o novo Vision GLK em Detroit.** Disponível em: [Interna.aspx?categoria=81&conteudo=12049](#)>. Acessado em: 01/08/2008.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para melhoria de processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SCHUMPETER, J. **The theory of economic development.** Cambridge: Harvard University Press, 1934.

TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V. P. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007.